

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

-----  
INSTITUT AGRONOMIQUE ET  
VETERINAIRE HASSAN II  
-----



-----  
معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة  
-----

---

---

## MÉMOIRE

Présenté pour l'obtention du  
*Diplôme de Master en Biotechnologies et Amélioration Génétique  
des Productions Agricoles*  
Option Animale

**Analyse génétique des performances zootechniques des  
bovins de race N'Dama et étude du système  
d'amélioration génétique à noyau ouvert**

Présenté et soutenu publiquement Par :

**CAMARA Younouss**



*Devant le jury composé de :*

Président	Pr. GUESSOUS F.	IAV Hassan II
Rapporteur	Pr. BOUJENANE I.	IAV Hassan II
Examineur	Mr. BOUKHARI K.	MAPM
Examineur	Dr. DIALLO A.	PROGEBE
Examineur	Pr. HADDADA B.	IAV Hassan II

**17 Juillet 2012**

***A la mémoire de mon père ;***

***A ma mère***

***En témoignage de mon grand amour et mon respect***

***A mes frères et sœurs et toute ma famille***

***Pour votre amour et votre confiance à mon égard, trouvez ici l'expression de mes  
sentiments les plus sincères***

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, nous tenons particulièrement à exprimer nos vifs remerciements au Professeur Ismaïl BOUJENANE qui a bien voulu nous encadrer pour ce travail. Grâce à vos conseils, vos remarques pertinentes et votre encadrement continu, ce travail a pu être mené malgré les difficultés du début liées au fichier de données. Que vous trouviez dans ces quelques lignes l'expression de notre profonde gratitude et de notre admiration sans faille.

Nous remercions également le Président de la Banque Africaine de Développement pour nous avoir donné l'opportunité de bénéficier de cette formation. Que vous trouviez ici Monsieur le Président l'expression de notre profonde gratitude et de toute notre reconnaissance.

Nos remerciements sincères vont également en direction du Professeur Ahmed BIROUK, coordonnateur pédagogique du Master BIOAGRI, pour le temps et la disponibilité qu'il nous a accordés tout au long de notre formation. Professeur, vous nous avez toujours écoutés et apportés des solutions rapides à tous nos problèmes et ce malgré les difficultés que connaît toute administration. Nous vous adressons toute notre reconnaissance.

Nos remerciements s'adressent aussi à Monsieur le Président et les Membres de Jury qui ont accepté de nous honorer par leur présence et de juger ce travail.

Nous remercions particulièrement Docteur Mohamadou M. DIAW, Coordonnateur Régional du PROGEBE. Sans le financement du PROGEBE, ce travail ne verrait certainement pas le jour. Que vous trouviez ici l'expression de notre grande estime.

Nous remercions Docteur Mamadou DIOP, Coordonnateur National du PROGEBE et ses collaborateurs. En nous proposant ce thème, vous avez non seulement placé votre confiance en nous et aussi vous avez bien voulu nous accompagner dans ce travail en apportant des observations et des corrections pertinentes à chaque fois que nous avons exprimé le besoin. Que vous trouviez ici notre profonde considération.

Nos remerciements s'adressent aussi au Docteur Mohamadou Moustapha SISSOKHO, chargé de recherche au CRZ de Kolda, pour ces conseils et ses encouragements sans cesse depuis mes débuts au CRZ. A travers vous, je dis un grand merci à votre femme pour l'accueil sans limite qu'elle me réserve à chaque fois que je suis à Kolda.

Nous remercions également les enseignants et le personnel du Département de Productions et de Biotechnologies Animales, ainsi que tous les enseignants qui ont participé à la formation du Master BIOAGRI.

Enfin, nous remercions tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans la réalisation de ce travail.

## RÉSUMÉ

Dans la 1<sup>ère</sup> partie de ce travail, l'étude a porté sur l'analyse génétique de 1520 performances de croissance des veaux et 1103 performances de reproduction des vaches de race N'Dama du centre de recherche zootechnique de Kolda au Sénégal collectées entre 1974 et 1993. Les moyennes des poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 36 mois des veaux sont respectivement de 17,4 kg, 69,1 kg, 77,3 kg, 99,4 kg, 171 kg et 220 kg, celles des GMQ sont 331 g/j entre la naissance et 6 mois et 457 g/j entre 6 et 12 mois. L'âge au premier vêlage des vaches est en moyenne de 42,6 mois et l'intervalle vêlage-vêlage est en moyenne de 17,6 mois. Toutes les performances de croissance ont été affectées par le sexe et l'année de naissance du veau, très souvent par le rang de vêlage et la saison de naissance, mais rarement par l'âge de la mère. Les héritabilités des poids à la naissance à 3, 6, 12, 24 et 36 mois et les GMQ 0-6 et 6-12, estimées par un modèle animal unicaractère sont respectivement de 0,07, 0,05, 0,12, 0,00, 0,01, 0,09, 0,07 et 0,01. Les corrélations génétiques et phénotypiques entre les caractères de croissance sont toutes positives et moyennes à élevées. Les progrès génétiques réalisés sur les performances de croissance sont faibles vu que les animaux ne sont pas sélectionnés sur leurs valeurs génétiques. Il est recommandé de collecter plus de données sur les performances de croissance des bovins N'Dama afin de préciser les paramètres génétiques qui ont été estimés. La 2<sup>ème</sup> partie de ce travail s'est intéressée à l'étude du programme d'amélioration génétique à noyau ouvert adopté actuellement. Les paramètres génétiques estimés dans la 1<sup>ère</sup> partie ont été utilisés dans cette 2<sup>ème</sup> partie pour évaluer l'efficacité génétique du schéma de sélection actuel mis en œuvre au CRZ à travers une comparaison des stratégies alternatives de sélection. Un modèle de simulation informatique a été utilisé pour tester 4 schémas avec deux scénarii différents. Les résultats des simulations ont montré que le scénario 2, qui consiste à sélectionner les futurs reproducteurs sur le poids à 6 mois de leurs descendants, a donné des réponses génétiques relativement élevées que le scénario 1, qui est de sélectionner les futurs reproducteurs sur leurs propres poids à 36 mois. Mais, ce dernier scénario a un taux de consanguinité par génération relativement bas. Le schéma 3 avec un noyau de 300 femelles et 6 taureaux a été recommandé car il conduit à une meilleure amélioration des caractères étudiés.

Mots clés : Bovin N'Dama – croissance reproduction – héritabilité – corrélation – évaluation génétique – progrès génétique – schéma à noyau ouvert - simulation – consanguinité.

## ABSTRACT

In the first part of this work, the study concerned the genetic analysis of 1520 growth performance of calves and 1103 reproductive performance of cows of the N'Dama cattle of the "Centre de Recherches Zootechniques" (CRZ) at Kolda, Senegal, collected between 1974 and 1993. Weight of calves at birth, 3, 6, 12, 24 and 36 months averaged 17.4 kg, 69.1 kg, 77.3 kg, 99.4 kg, 171 kg and 220 kg, respectively, while average daily gain (ADG) from birth to 6 months and from 6 to 12 months were 331 g/day and 457 g/day, respectively. Age at first calving averaged 42.6 months and calving interval averaged 17.6 months. All the traits studied were affected by sex and the calf's year of birth, and some were influenced by the dam's parity and the birth season, but rarely by the dam's age. Heritability of weight at birth, 3, 6, 12, 24 and 36 months and ADG0-6 and ADG6-12, estimated by the univariate animal model, were 0,07, 0,05, 0,12, 0,00, 0,01, 0,09, 0,07 and 0,01, respectively. The genetic and phenotypic correlations between growth traits were all positive and medium to high. The genetic progress realized on the growth traits was low because animals were not selected on their additive genetic values. It was recommended to collect more information in order get accurate estimates for growth traits of N'Dama cattle.

In the second part of this work, the actual open nucleus scheme of N'Dama cattle followed in the CRZ was studied. The genetic parameters estimated in the 1<sup>st</sup> part were used in this part to evaluate the genetic efficiency of the actual breeding scheme in comparison to other selection alternative strategies. A model of genetic simulation was used to test 4 schemes with two different scenarios. The simulation results of scenario 2, which consisted of choosing the future parents on the weight at 6 months of their offsprings, allowed a genetic response relatively higher than those of scenario 1, which consisted of selecting future parents on their own weight at 36 months. Nevertheless, the later scenario leads to a relatively low rate of inbreeding by generation. The 3<sup>rd</sup> scheme, with a nucleus of 300 dams and 6 sires, was advised because it leads to a high improvement of the traits studied.

**KEY WORDS:** N'Dama cattle – growth - reproduction– heritability – correlation - genetic evaluation – genetic progress – open nucleus scheme – simulation – inbreeding.

## Table des matières

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Généralité sur l'élevage bovin au Sénégal .....</b>	<b>4</b>
1.1. Effectif .....	4
1.2. Structure génétique .....	4
<b>2. Présentation de la race N'Dama .....</b>	<b>6</b>
2.1. Description phénotypique et particularités génétiques .....	6
2.2. Aire géographique.....	7
2.3. Performances zootechniques .....	8
2.3.1. Age au premier vêlage .....	8
2.3.2. Intervalle vêlage-vêlage .....	9
2.3.3. Performances de croissance.....	9
2.3.4. Production bouchère .....	9
<b>3. Effets des facteurs non génétiques .....</b>	<b>10</b>
3.1. Performances de croissance .....	10
3.2. Performances de reproduction.....	11
<b>4. Paramètres génétiques et phénotypiques.....</b>	<b>11</b>
4.1. Héritabilité.....	12
4.1.1. Héritabilité directe .....	12
4.1.2. Héritabilité maternelle.....	13
4.2. Répétabilité .....	13
4.3. Corrélations génétiques et phénotypiques .....	13
<b>5. Amélioration génétique .....</b>	<b>14</b>
5.1. Objectifs.....	14
5.2. Critères de sélection.....	15
5.3. Schémas de sélection .....	15

5.3.1.	Schéma à noyau fermé .....	16
5.3.2.	Schéma à noyau ouvert .....	16
5.3.3.	Schéma de sélection centralisé .....	19
5.4.	Progrès génétique.....	19
<b>Conclusion .....</b>		<b>21</b>
<b>MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>		<b>23</b>
<b>1. Présentation de la zone d'étude .....</b>		<b>23</b>
<b>2. Conduite du troupeau .....</b>		<b>23</b>
2.1.	Conduite de la reproduction et de la sélection .....	23
2.2.	Conduite alimentaire.....	24
2.3.	Conduite sanitaire .....	24
<b>3. Source des données.....</b>		<b>24</b>
<b>4. Caractères étudiés .....</b>		<b>25</b>
<b>5. Analyses statistiques et génétiques.....</b>		<b>25</b>
5.1.	Statistique descriptive .....	25
5.2.	Estimation des paramètres génétiques et phénotypiques, évaluation génétique et estimation du progrès génétique .....	26
<b>RESULTATS .....</b>		<b>30</b>
<b>1. Moyennes arithmétiques .....</b>		<b>30</b>
1.1.	Performances de croissance .....	30
1.2.	Performances de reproduction .....	35
<b>2. Effet des facteurs non génétiques.....</b>		<b>37</b>
2.1.	Effet des facteurs non génétiques sur les poids.....	37
2.1.1.	Effet de l'âge de la mère .....	37
2.1.2.	Effet du rang de vêlage.....	37
2.1.3.	Effet du sexe du veau .....	38
2.1.4.	Effet de la saison de la naissance .....	38

2.1.5.	Effet de l'année de naissance.....	39
<b>2.2.</b>	<b>Effets des facteurs non génétiques sur la vitesse de croissance.....</b>	<b>44</b>
<b>2.3.</b>	<b>Effets des facteurs non génétiques sur les caractères de reproduction.....</b>	<b>44</b>
<b>3.</b>	<b>Coefficients de correction des effets de l'environnement.....</b>	<b>48</b>
<b>4.</b>	<b>Estimation des paramètres génétiques et phénotypiques.....</b>	<b>51</b>
4.1.	Héritabilités des caractères de croissance.....	51
4.2.	Corrélations entre les caractères de croissance.....	51
<b>5.</b>	<b>Evaluation génétique et estimation du progrès génétique annuel.....</b>	<b>55</b>
5.1.	Evaluation génétique.....	55
5.1.1.	Valeurs génétiques additives.....	55
5.1.2.	Valeurs génétiques maternelles.....	56
5.2.	Progrès génétique.....	56
<b>DISCUSSION.....</b>		<b>61</b>
<b>1.</b>	<b>Moyennes arithmétiques.....</b>	<b>61</b>
1.1.	Performances de croissance.....	61
1.2.	Performances de reproduction.....	61
<b>2.</b>	<b>Effets des facteurs de l'environnement.....</b>	<b>62</b>
2.1.	Effets sur les caractères de croissance.....	62
2.1.	Effets sur les caractères de reproduction.....	64
<b>3.</b>	<b>Paramètres génétiques et phénotypiques.....</b>	<b>65</b>
3.1.	Héritabilités des effets directs et maternels.....	65
3.2.	Corrélations génétiques et phénotypiques.....	66
<b>4.</b>	<b>Evaluation génétique et progrès génétique.....</b>	<b>67</b>
<b>Conclusion.....</b>		<b>68</b>
<b>Introduction.....</b>		<b>70</b>
<b>1.</b>	<b>Description de la situation actuelle.....</b>	<b>71</b>
1.2.	Objectifs du schéma de sélection.....	72

1.3.	Analyse du noyau de sélection.....	72
1.3.1.	Structure de la population du noyau.....	72
1.3.2.	Identification des animaux .....	73
1.3.3.	Choix des reproducteurs.....	73
1.3.4.	Evaluation des reproducteurs.....	74
<b>MATERIEL ET METHODES .....</b>		<b>76</b>
<b>1.</b>	<b>Enquête et stratégie d'échantillonnage.....</b>	<b>76</b>
<b>2.</b>	<b>Population et structure de la classe d'âge.....</b>	<b>78</b>
2.1.	Noyau de sélection .....	78
2.2.	Troupeaux de multiplication.....	78
2.3.	Troupeaux de base .....	79
<b>3.</b>	<b>Analyse des données .....</b>	<b>79</b>
<b>4.</b>	<b>Stratégies de sélection alternatives .....</b>	<b>79</b>
<b>RESULTATS .....</b>		<b>82</b>
<b>1.</b>	<b>Objectifs des éleveurs .....</b>	<b>82</b>
<b>2.</b>	<b>Niveau d'amélioration génétique souhaité par les éleveurs .....</b>	<b>82</b>
<b>3.</b>	<b>Structure des élevages de la zone ciblée.....</b>	<b>87</b>
<b>4.</b>	<b>Identification des animaux.....</b>	<b>87</b>
<b>5.</b>	<b>Comparaison des schémas de sélection.....</b>	<b>89</b>
4.1.	Scénario 1 .....	89
4.2.	Scénario 2 .....	89
<b>DISCUSSION.....</b>		<b>92</b>
<b>1.</b>	<b>Objectifs de sélection.....</b>	<b>92</b>
<b>2.</b>	<b>Structure des élevages de la zone ciblée.....</b>	<b>92</b>
<b>3.</b>	<b>Identification des animaux.....</b>	<b>92</b>
<b>4.</b>	<b>Choix des reproducteurs .....</b>	<b>93</b>
<b>5.</b>	<b>Stratégies alternatives de schéma de sélection .....</b>	<b>94</b>

<b>Conclusion .....</b>	<b>96</b>
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS .....</b>	<b>97</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>99</b>
<b>ANNEXES .....</b>	<b>110</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre d'observations, moyennes arithmétiques, écarts types et coefficients de variation des performances zootechniques des bovins de race N'Dama .....	31
Tableau 2 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs-types des poids à la naissance et à 3 mois en fonction de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe et de la saison de naissance des veaux de race N'Dama .....	40
Tableau 3 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs- types du poids à 6 mois et 12 mois en fonction de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe et de la saison de naissance des bovins N'Dama .....	41
Tableau 4 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs- types du poids à 24 mois et 36 mois en fonction de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe et de la saison de naissance des bovins N'Dama .....	42
Tableau 5 : Nombre d'observations, moyennes ajusté es et erreurs-types des GMQ0-6 et GMQ6-12 en fonction de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe et de la saison de naissance des veaux de race N'Dama .....	46
Tableau 6 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs-types des intervalles vêlage-vêlage en fonction de l'âge de la vache, du rang de vêlage, et de la saison de vêlage des vaches de race N'Dama.....	47
Tableau 7 : Coefficients de correction additive pour les facteurs de milieu des poids à la naissance, à 3, 6, 12, à 24, et à 36 mois, des GMQ de la naissance à 6mois et 6 à 12 mois, l'âge au premier vêlage et de l'intervalle vêlage-vêlage.....	49
Tableau 8 : Coefficients de correction multiplicative pour les facteurs de milieu des poids à la naissance, à 3, 6, 12, à 24, et à 36 mois, des GMQ de la naissance à 6mois et 6 à 12 mois, l'âge au premier vêlage et de l'intervalle vêlage-vêlage.....	50
Tableau 9 : Composantes de la variance, de la covariance et héritabilités des caractères de croissance des bovins de race N'Dama .....	53
Tableau 10 : Corrélations génétiques directes (en-dessous de la diagonale), corrélations phénotypiques (au-dessus de la diagonale) et héritabilités directes, calculées comme la moyenne arithmétique des héritabilités directes obtenues à partir des analyses à deux variables .....	54

Tableau 11 : Corrélations génétiques maternelles et héritabilités maternelles, calculées comme moyennes des héritabilités maternelles obtenues à partir des analyses à 2 variables, des performances de croissance des veaux de race N'Dama .....	54
Tableau 12 : Moyennes des index des effets génétiques directs des poids à la naissance, 3, 6, 12, 24 et 26 mois et GMQ0-6 et GMQ6-12 des bovins de race N'Dama.....	59
Tableau 13 : Moyennes des index génétiques maternels des poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 26 mois et GMQ0-6 et GMQ6-12 des bovins de race N'Dama .....	59
Tableau 14 : Progrès génétiques annuels réalisés sur les poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 26 mois et GMQ0-6 et GMQ6-12 des bovins de race N'Dama .....	60
Tableau 15: Composition du troupeau du noyau de sélection au 31 mars 2012 .....	72
Tableau 16: Méthodologie d'échantillonnage .....	77
Tableau 17: Réponse génétique par génération, réponse génétique par an et taux de consanguinité par génération des mâles et des femelles des bovins N'Dama des schémas 1, 2, 3 et 4 du scénario 1 .....	90
Tableau 18: Réponse génétique par génération, réponse génétique par an et taux de consanguinité par génération des mâles et des femelles des bovins N'Dama des schémas 1, 2, 3 et 4 du scénario 2 .....	90

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Représentation schématique d'un système de sélection à noyau ouvert de ITC (Bosso, 2006).....	18
Figure 2 : Distribution de fréquences du poids à la naissance des veaux de race N'Dama .....	32
Figure 3 : Distribution de fréquences du poids à 3 mois des veaux de race N'Dama .....	32
Figure 4 : Distribution des fréquences du poids à 6 mois des veaux de race N'Dama.....	33
Figure 5 : Distribution des fréquences du poids à 12 mois des veaux de race N'Dama.....	33
Figure 6 : Distribution de fréquences des poids à 24 mois des bovins de race N'Dama.....	34
Figure 7 : Distribution de fréquences des poids à 36 mois des bovins de race N'Dama.....	34
Figure 8 : Distribution de fréquence de l'âge au premier vêlage des bovins de race N'Dama	36
Figure 9 : Distribution de fréquence de l'intervalle vêlage-vêlage des bovins de race N'Dama .....	36
Figure 10 : Effet de l'année de naissance sur les poids à la naissance, 3 mois et 6 mois des veaux de race N'Dama .....	43
Figure 11 : Effet de l'année de naissance sur les poids à 12, 24 et 36 mois des veaux de race N'Dama .....	43
Figure 12 : Evolution des valeurs des effets génétiques directs et maternels des poids à la naissance et à 3 mois en fonction de l'année de naissance des bovins de race N'Dama .....	57
Figure 13 : Evolution des valeurs des effets génétiques directs et maternels des poids à 6 mois et 12 mois en fonction de l'année de naissance des bovins de race N'Dama .....	57
Figure 14 : Evolution des valeurs des effets génétiques directs et maternels des poids à 24 et à 36 mois en fonction de l'année de naissance des bovins de race N'Dama. ....	58
Figure 15 : Evolution des valeurs des effets génétiques directs et maternels des GMQ(0-6) et GMQ(6-12) en fonction de l'année de naissance des bovins de race N'Dama.....	58
Figure 16: Organisation du schéma de sélection actuel du CRZ.....	75
Figure 17: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs à la viande sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection.....	83
Figure 18: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs au lait sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection .....	83
Figure 19: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs à l'âge au premier vêlage sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection.....	83

Figure 20: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs à l'intervalle vèlage-vêlage sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection .....	84
Figure 21: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs au caractère d'adaptabilité à la trypanotolérance sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection .....	84
Figure 22: Distribution de fréquences du niveau d'amélioration génétique souhaité pour l'âge au premier vèlage dans un programme de sélection .....	85
Figure 23: Distribution de fréquences du niveau d'amélioration génétique souhaité pour l'intervalle vèlage-vêlage dans un programme de sélection .....	85
Figure 24: Distribution de fréquences du niveau d'amélioration génétique souhaité pour la quantité de litre de lait dans un programme de sélection .....	86
Figure 25: Types génétiques rencontrés dans la zone d'intervention du programme d'amélioration génétique.....	88
Figure 26: Types d'amélioration génétique pratiqués par les éleveurs.....	88
Figure 27: Evolution de la réponse génétique génération en fonction de la taille du noyau du scénario 1.....	91
Figure 28: Evolution de la réponse génétique par génération en fonction de la taille du noyau du scénario2.....	91

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Zébu Gobra .....	4
Photo2 : Bovin Djakoré.....	5
Photo 3 : Bovins de race N'Dama.....	7

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

ANDS: Agence Nationale de la Démographie et de la Statistique

APV : Age au Premier Vêlage

BLUP: Best Linear Unbiased Prediction

CRZ: Centre de Recherche Zootechnique

GMQ: Gain Moyen Quotidien

ISRA: Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

ITC: International Trypanotolerance Center

IVV : Intervalle Vêlage-Vêlage

PROGEBE: Projet de Gestion durable du Bétail ruminant Endémique

SNF : Schéma à Noyau Fermé

SNO : Schéma à Noyau Ouvert

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'élevage est la deuxième grande activité du secteur primaire après l'agriculture au Sénégal. Il contribue à hauteur de 7,5% au PIB national et 35,5% à la formation du PIB du secteur primaire (ISRA, 2003). Bien qu'affecté par plusieurs années de sécheresse depuis les années soixante, l'élevage, est toujours important. Le secteur occupe 35% de la population active (Direl, 2010). Le chiffre d'affaires de la filière viande bovine au Sénégal est estimé à 76 milliards de franc CFA pour l'année 2006. Il faut ajouter à cela 2,3 milliards de franc CFA d'autoconsommation (Deteurtre et al., 2010). Cette production est soutenue par trois types génétiques : le zébu Gobra, le taurin N'Dama et le Djakoré, un produit issu de croisement entre le Gobra et la N'Dama. Mais du fait de la faible productivité en viande de ces races, l'importation de la viande rouge bovine a pris aujourd'hui un essor important, elle était de 8 500 tonnes en 2007 (Direl, 2008).

En revanche, ces races présentent de bonnes aptitudes d'adaptation aux milieux difficiles (humide, subhumide, et aride) : résistance à la chaleur, valorisation des pâturages pauvres et résistance aux maladies (trypanosomose).

Le taurin N'Dama est identifié comme la race qui résiste à la trypanosomose. Elle permet la valorisation de vastes étendues de territoires infestées par des glossines, vecteur de la trypanosomose (Janke et al., 1987). En effet, la difficulté de la lutte contre cette maladie, du fait de la solidité du triptyque pathogène-vecteur-hôte (Dempfle, 1993) et les pertes occasionnées par cette maladie (500 millions de dollars US par année à l'échelle sous régionale (Ehui et al., 2003), font du bovin N'Dama une alternative stratégique pour l'exploitation des vastes zones de savanes humides. Cependant, les performances faibles de cette race, avec 0,66 kg/jour de lait pendant 3 à 5 mois de lactation et 145 kg de viande comme rendement d'abattage (Dieye, 2003 ; Aboagye, 2002), ne plaident pas en sa faveur. Ainsi, la nécessité de mettre en place un programme d'amélioration du potentiel génétique de cette race est devenue une stratégie obligée pour augmenter sa productivité.

L'Institut Sénégalais de Recherche Agricole entretient depuis 1973 au Centre de Recherche Zootechnique de Kolda un troupeau de race N'Dama soumis à des contrôles de performances réguliers. Ainsi, un programme d'amélioration génétique a été expérimenté dans les années quatre vingt sur les bovins N'Dama au CRZ de Kolda (Diop et al., 1993). Un nombre assez important de données sur les performances de croissance et de reproduction est actuellement disponible.

Le but de ce travail est de proposer une stratégie optimale pour la mise en œuvre d'un programme d'amélioration génétique du bovin de race N'Dama. Ce travail s'articule autour de deux parties :

La première partie s'intitulant analyse génétique des performances zootechniques des bovins de race N'Dama propose d'analyser les données issues du contrôle de performances. Pour se faire, les objectifs suivants sont fixés:

- L'analyse des performances zootechniques (croissance et reproduction) ;
- La détermination des facteurs non génétiques susceptibles d'influencer les performances zootechniques ;
- L'estimation des paramètres génétiques et phénotypiques des caractères de croissance.

La deuxième partie consiste à une étude du schéma à noyau ouvert pour l'amélioration génétique des bovins N'Dama. Les objectifs de cette partie sont :

- La description du système actuel appliqué dans le cadre de la mise en œuvre du Projet de Gestion durable du bétail ruminant endémique (PROGEBE) ;
- L'étude et la comparaison par simulation des progrès génétiques des stratégies alternatives de schémas de sélection.

**REVUE  
BIBLIOGRAPHIQUE**

## **1. Généralité sur l'élevage bovin au Sénégal**

### **1.1. Effectif**

L'effectif des bovins au Sénégal est estimé à environ 3.163.410 de têtes (Deteurtre et al., 2010). Le cheptel bovin est composé du zébu Gobra (37%), le taurin N'Dama (32%), le Djakoré, un produit de croisement entre le Gobra et la N'Dama (19%), et par d'autres races bovines étrangères (Jersey, Montbéliarde, Holstein...) (ANDS, 2009). Deteurtre et al. (2010) ont rapporté que 1.426.660 de têtes (45%) de cette population bovine est concentrée dans les régions Sud et Sud-Est du pays qui ont la particularité d'être les plus pluvieuses. Depuis trois décennies, on assiste à un lent glissement de l'élevage bovin du nord du pays (vallée du fleuve Sénégal, nord du Ferlo) vers les zones plus méridionales (sud du Djolof, Sine Saloum). Cette évolution concerne surtout le Zébu Gobra qui migre vers le sud et colonise le territoire du Taurin N'Dama. Leur rencontre donne naissance à un niveau type génétique: le Djakoré.

### **1.2. Structure génétique**

Au Sénégal, deux catégories distinctes d'animaux sont rencontrées ; les zébus (*Bos indicus*), les taurins (*Bos taurus*), ainsi que les produits de leur croisement.

- Le zébu Gobra

Il est rencontré surtout dans le nord et une partie du centre. Il constitue 37 à 40% du cheptel bovin. Doutresoule (1947) a caractérisé le zébu par la présence d'une bosse et d'un fanon développé, une robe uniformément blanche ou grise et d'imposantes cornes en forme de lyre (Photo 1). A l'âge adulte, les mâles peuvent atteindre une taille au garrot de 150 cm (130-140 cm en moyenne) et un poids de 400 kg. Le poids à la naissance des veaux est de 22 kg. Les performances de production laitières sont en moyenne 2,5 litres de lait par jour, soit à peu près 900 kg par an. Les animaux réalisent un GMQ de la naissance à 36 mois de 280g/j (Sow et al., 1988). Ce sont des animaux particulièrement bien adaptés aux régions semi-arides (Pfister, 1991).

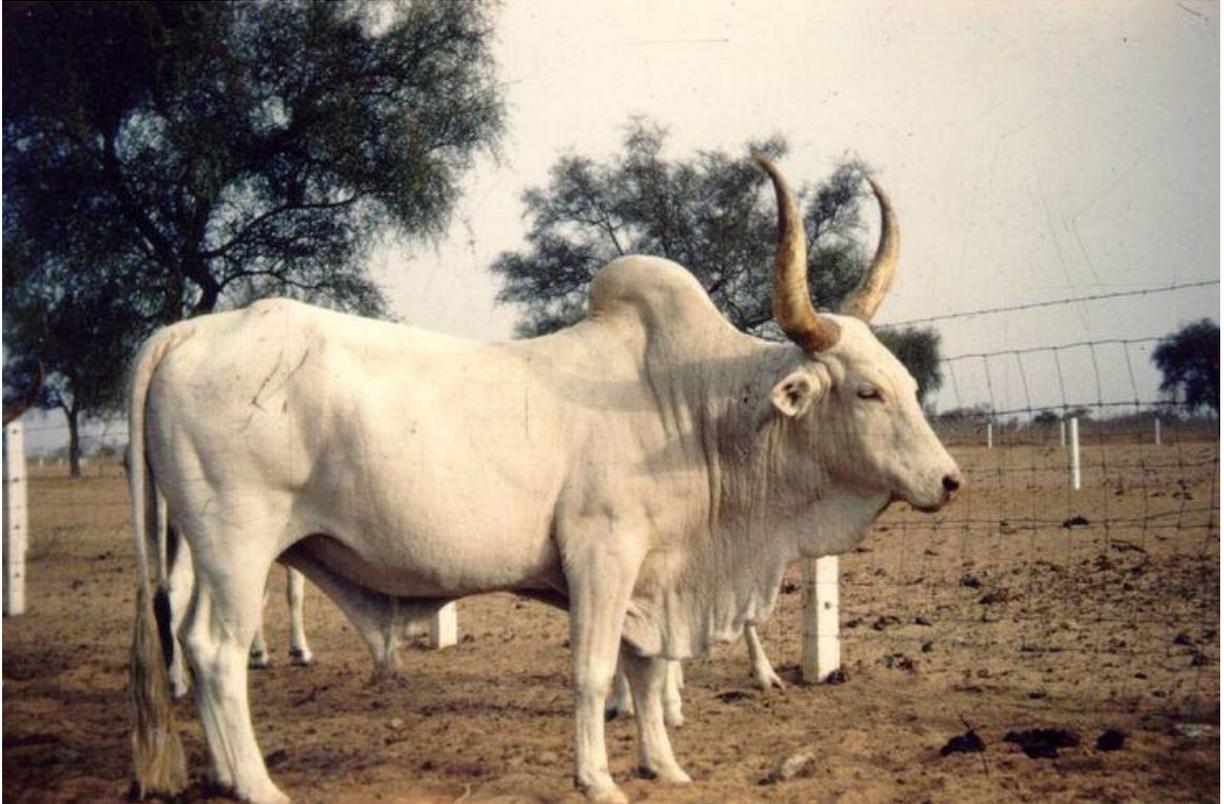


Photo 1. Zébu Gobra

- La N'Dama

Les caractéristiques de la N'Dama seront développées dans le chapitre présentation de la N'Dama.

- Le Djakoré

Le Djakoré est un produit de croisement naturel entre le zébu Gobra et le taurin N'Dama (Photo 2). Ce croisé présente 19% du cheptel bovin. Il est rencontré dans la zone de transition sahélo-soudanienne, notamment dans le sud du Sine-Saloum et au Sénégal Oriental (Boye et al., 2004). Le Djakoré a hérité de la race N'Dama un certain degré de trypanotolérance. Ce n'est pas une race encore bien fixée. Les individus peuvent présenter différents degrés de sang des races parentales. L'animal est de grande taille. La tête forte est relativement courte à profil droit. Les cornes sont fines et ont une taille variable, mais souvent courtes. La bosse est cervico-thoracique, petite et à peine marquée. Le fanon est court et peu développé. La poitrine est large. Les membres sont fins et plutôt courts (Meyer 2012). Les mâles atteignent 135 cm au garrot. Les muqueuses sont claires ou grises. La robe est uniforme, de couleur grise, jaune ou blanche, avec les membres plus sombres (Mbaye et al., 2005).



Photo 2. Bovin Djakoré

- Les races étrangères

Les races tropicales de zébus comme le Sahiwal, le Red Sindhi et le Guzérat ont été introduites pour la première fois au Sénégal durant les années 1960 pour les croiser avec le zébu Gobra afin d'augmenter son format et ses qualités laitières. De même, dans les stratégies de développement de la production de lait, des races laitières tempérées (Montbéliarde, Jersey et Holstein) ont été introduites. Très récemment, les races Gir et Girolando ont été importées du Brésil (ISRA, ITA, CIRAD, 2005). Ces races constituent avec le zébu Maure 9% du cheptel.

## **2. Présentation de la race N'Dama**

### **2.1. Description phénotypique et particularités génétiques**

La N'Dama se caractérise sur le plan phénotypique par ses cornes en lyre, à section ronde, une tête courte et large présentant un profil droit et un museau fréquemment noir (Doutresoulle, 1947 ; Coulomb, 1976 ; Sokouri, 2010). La robe prédominante est fauve. La race peut présenter une diversité de coloration (blanche, blonde, mousse ou pie fauve) (Touré, 1977 ; Bosso, 2006 ; Sokouri, 2010). Le format rectiligne, ellipométrique avec un tronc ample et trapu (Coulomb, 1976). La conformation générale est mauvaise chez le taureau, mais bonne chez la vache (Touré, 1977). La taille au garrot varie de 108 à 117 cm pour les animaux adultes (Choquel, 1969 ; Coulomb, 1976). Le périmètre thoracique varie de 140 à 170 cm (Sokouri et al., 2010 ; Akouango, 2010).

Sur le plan génétique, une des caractéristiques essentielles de la N'Dama est sa trypanotolérance, c'est-à-dire, son aptitude à vivre normalement dans un milieu naturel infesté de glossines. L'animal peut être capable d'héberger des trypanosomes pathogènes sans présenter des signes cliniques de la maladie (Coulomb et al., 1977). Ceci est lié selon Morrison et al., (1978) à la capacité de la N'Dama de limiter son niveau de parasitémie pour contrôler, réduire et éliminer par la suite le parasite. Cette trypanotolérance est un facteur très favorable à son élevage dans les zones chaudes et humides infestées par la glossine à la différence des bovins zébus qui sont plus sensibles (Murray et al., 1983 ; Thewis et al., 2003). Cette trypanotolérance n'est pas absolue, car en cas de stress nutritionnel ou physique, l'animal peut extérioriser les signes de la maladie. Les travaux de Seck et al.,(2002) ont montré les performances au travail des taureaux N'Dama infectés artificiellement par les trypanosomes sont réduites. Cependant, cette trypanotolérance aurait une base génétique et varie d'un type N'Dama à un autre (van der Waaij et al., 2003).

## 2.2. Aire géographique

La race N'Dama est rencontrée dans les régions humides et forestières situées entre le 14° degré de latitude Nord et le 29° degré de latitude Sud d'Afrique. Ce sont des régions soudanaises humides et subhumides où la race est capable de supporter la présence des glossines (Vaucel et al., 1963). Les zones infestées par les glossines couvrent une superficie approximative de 10 millions de km<sup>2</sup> en Afrique (Jahnké, 1982). Au Sénégal, où 70.000 km<sup>2</sup> de la superficie nationale sont peuplés par les glossines, la race N'Dama est rencontrée au Sud et à l'Est du pays (régions de Kolda, Ziguinchor et Tambacounda et en zone soudano-sahélienne) où se trouverait plus de 20% du cheptel national et près de 45% du cheptel bovin (ISRA, 2003).



Photo 3. Bovins de race N'Dama

### 2.3. Performances zootechniques

#### 2.3.1. Age au premier vêlage

L'âge au premier vêlage des vaches de race N'Dama est en moyenne de 39 mois en station au Sénégal et en ferme en Côte d'Ivoire (Fall et al., 1982 ; Yesso et al., 1991). Il est de 36 mois chez les vaches N'Dama en Côte d'Ivoire (Coulomb, 1976). Chez la N'Dama gambienne, une maturité tardive a été observée, puisque les génisses mettent bas pour la première fois à 63 mois (Bosso et al., 2009). Néanmoins, un âge au premier vêlage de 25 mois a été enregistré en République Démocratique du Congo (Khangmate et al., 2000). Par ailleurs, Aboaagye (2002) a rapporté un effet milieu sur l'âge au premier vêlage. En effet, les femelles N'Dama en zone forestière humide ont un âge au premier vêlage de 32,1 mois, alors que celles de la savane costale ont un âge à la première mise bas de 39,2 mois. Le Liberian Dwarf et le Baoulé, qui sont des races taurines comme la N'Dama, sont plus précoces que cette dernière, avec un âge au premier vêlage de 25 à 26 mois (Tidori et al., 1975 ; Weaver et al., 1987).

### 2.3.2. Intervalle vêlage-vêlage

L'intervalle vêlage-vêlage des vaches de race N'Dama au Sénégal est en moyenne de 16,5 mois (Fall et al., 1982). Des intervalles vêlage-vêlage moins élevés de 15,5 mois ont été rapportés au Bénin (Gbangboché et al., 2009), au Congo (Akouago et al., 2010), en Côte d'Ivoire (Yesso et al., 1991) et au Ghana (Sada, 1968). Cet intervalle vêlage-vêlage équivaut à la production de 0,84 veau par an (Gbangboché et al., 2011). Par ailleurs, Aboaagye (2002) a rapporté qu'en zone forestière, l'intervalle vêlage-vêlage est de 15 mois et qu'en zone savane costale, il est de 17 mois. Néanmoins, des intervalles vêlage-vêlage de 12 mois ont été rapportés en zone subhumide (Bosso et al., 2009).

### 2.3.3. Performances de croissance

Le poids à la naissance des veaux de race N'Dama élevés en station est en moyenne de 17,7 kg pour les mâles et 16,7 kg pour les femelles (Coulomb, 1976). En milieu éleveur, le poids à la naissance est plus faible et avoisine 14,5 kg (Landais, 1983). Toutefois, des poids à la naissance de 19 kg ont été observés au Congo (Akouango et al., 2010), et des poids exceptionnellement élevés de l'ordre de 20 à 25 kg chez certains types génétiques de N'Dama ont été rapportés en République Démocratique du Congo (Schmitz, 1985).

Les poids à 6 mois, 12 mois et 24 mois des bovins N'Dama, élevés dans une ferme au Benin, sont respectivement en moyenne de 55,6 kg, 95,9 kg et 158 kg (Youssao et al., 2000). Akouango et al. (2010) ont rapporté des poids à 6 mois plus élevés ; 66,6 kg chez les mâles et 61,8 kg chez les femelles, mais aussi des poids faibles à 12 mois; 82,2 kg et 79,3 kg respectivement chez les mâles et les femelles.

La vitesse de croissance entre la naissance et 12 mois des veaux de race N'Dama est en moyenne de 215 g/j (Youssao et al., 2000). Elle est de 150 g/j entre la naissance et 36 mois chez les veaux de race N'Dama gambienne (Dempfle, 1991).

### 2.3.4. Production bouchère

La vitesse de croissance et la conformation satisfaisantes confèrent au bovin N'Dama des qualités bouchères indéniables (Coulomb, 1976) avec un rendement en carcasse qui varie entre 48-55% (Fall et al., 1982). Ce pourcentage représente un poids des carcasses de l'ordre de 113 kg chez des taureaux abattus à l'âge de 44-47 mois pour un poids vif de 223 kg

(Aboagye, 2002). Pour les taureaux abattus à l'âge de 48-72 mois, ce poids de carcasse est de 234 à 240 kg pour les mâles et 205 à 215 kg pour les femelles (Spencer et al., 1986).

### **3. Effets des facteurs non génétiques**

#### **3.1. Performances de croissance**

Le sexe influence les performances pondérales des veaux de race N'Dama. Le poids à la naissance des mâles est plus élevé que celui des femelles (Landais, 1983 ; Akouango et al., 2010). Chez d'autres races tels que les bovins de races White Fulani, Tidili et Jersey, le sexe influence significativement le poids à la naissance (Olawumi et Salako, 2010 ; Boujenane et al., 2004 ; Akdag et al., 2011). En revanche, chez les croisés Ankole\*Frisonne, Ankole\*Brune de Suisse et Ankole\*Sahiwal, le poids à la naissance n'est pas affecté par le sexe, l'année et la saison de naissance (Manzi et al., 2012).

Par ailleurs, Akouango et al. (2010) ont rapporté que le sexe n'exerce pas un effet significatif sur le poids à 6 mois, mais il a un effet significatif sur le poids à 12 mois ; la différence entre les deux sexes est de 4,78 kg à 6 mois et de 2,91 kg à 12 mois. En revanche chez d'autres races, l'effet du sexe est significatif sur le poids à 6 mois des veaux de race Tidili (Boujenane et al., 2004) et sur le poids adulte des croisés Ankole\*Frisonne et Ankole\*Brune de Suisse (Manzi et al., 2012).

Le sexe influence la vitesse de croissance des veaux de race N'Dama. Le GMQ des femelles durant les six premiers mois est supérieur (223 g /j) à celui des mâles (191 g/j), mais sans que cette différence ne soit significative. Le GMQ des mâles devient significativement plus élevé à celui des femelles à partir du 6<sup>ème</sup> mois (Youssao et al., 2000) ; la différence est de 38 g/j. Entre la naissance et 12 mois, la vitesse de croissance est de 249,5 g/j pour les mâles et 224,37 g/j pour les femelles (Akouango et al., 2010).

Le rang de vêlage n'a d'effet significatif ni sur le poids à la naissance des veaux de race Borgou (Adjou Moumouni, 2006), ni sur celui des veaux de race Oulmès-Zaer (Boujenane et al., 2000). En revanche, Boujenane et al. (2004) ont rapporté que le rang de vêlage a un effet significatif sur les poids à la naissance et à six mois des veaux de race Tidili.

L'effet significatif du rang de vêlage sur le rythme de croissance pourrait être imputable à la lenteur relative aux gains de poids des veaux issus de la première parturition (Peterson et al., 1980, cités par Wagenaar et al., 1988). Cet effet est lié aussi à la compétition entre la croissance de la jeune mère et celles de son fœtus et du veau (Boujenane et al., 2004).

L'effet de la saison de naissance, est significatif sur les poids à la naissance, à 3 mois et à 6 mois des veaux (Planchenault et al., 1986). Cet effet est significatif sur le poids à la naissance chez les veaux de race Tidili et sur le poids à six mois des croisés Ankole\*Frisone et Ankole\*Brune de Suisse (Boujenane et al., 2004 ; Manzi et al., 2012). En revanche, chez les races White Fulani du Nigeria et Jersey, la saison de vêlage n'a pas d'effet significatif sur le poids à la naissance (Olawumi et Salako, 2010 ; Akdag et al., 2011). Wagenaar et al. (1988) ont rapporté que la saison de naissance a une influence significative sur la vitesse de croissance jusqu'à 9 mois, mais que cet effet devient toutefois négligeable à 1 an. Ces mêmes auteurs ont indiqué que jusqu'à 3 mois, la vitesse de croissance des veaux nés en hiver est plus rapide que celle des veaux nés au cours des autres saisons.

Par ailleurs Assan et Hyoni (2009) ont trouvé que l'année de naissance, le sexe et l'âge de la mère ont un effet significatif sur tous les caractères de croissance des veaux de race Tuli de Zimbabwe.

### 3.2. Performances de reproduction

L'effet de la saison semble influencer les performances de reproduction des vaches. En effet, Gbagboché et al. (2011) ont rapporté que les génisses de race N'Dama nées entre décembre et février sont plus précoces (45 mois) que celles nées entre mars et mai (50 mois). Ces mêmes auteurs ont rapporté que les génisses de race Borgou nées entre mars et mai et entre septembre et novembre ont un âge au premier vêlage plus précoce que celui des génisses nées entre juillet et août et entre décembre et février. Dunsmore et al. (1976) et Curtis et al. (1985) ont rapporté que cet effet est dû aux conditions nutritionnelles difficiles pendant les saisons sèches. En effet, les pertes pondérales affectent les performances de reproduction à travers leur action sur l'activité ovarienne et l'allongement de l'ancœstrus post-partum.

Par ailleurs, la saison de vêlage a un effet significatif sur l'intervalle vêlage-vêlage. En effet, les vaches qui ont vêlé entre juillet et août (saison de pluies) ont un intervalle vêlage-vêlage plus court (414,8 jours) que celles qui ont mis bas entre novembre et février (saison sèche) (431,9 jours) (Gbangboché et al., 2011).

## 4. Paramètres génétiques et phénotypiques

L'estimation des paramètres génétiques offre la possibilité d'évaluer les conséquences de la sélection (Bosso, 2006) sur un caractère. Les paramètres génétiques et phénotypiques,

héritabilité, répétabilité, corrélations génétiques et phénotypiques, sont fonction de la variance totale du caractère étudié.

#### 4.1. Héritabilité

L'héritabilité d'un caractère est la part de la variance phénotypique qui est due aux effets additifs des gènes.

Les caractères de croissance dépendent à la fois d'effets génétiques directs et d'effets génétiques maternels (Backer, 1980 ; Meyer, 1992 ; Menissier et al., 1998). Les effets génétiques directs représentent l'incidence du génotype propre du veau, alors que les effets génétiques maternels englobent la part des effets du génotype de la mère, de part sa production laitière et de son comportement maternel sur la croissance de la naissance au sevrage. Ainsi, l'héritabilité des caractères de croissance se décompose en héritabilité directe et en héritabilité maternelle.

##### 4.1.1. Héritabilité directe

Les héritabilités directes des poids des veaux de race N'Dama aux jeunes âges sont plus élevées que celles des poids aux âges avancés (Aboagye, 2002). Mohiuddin (1993) a indiqué que l'héritabilité directe des poids varie de 0,14 à 0,61, avec une moyenne de 0,30. L'héritabilité directe du poids à la naissance varie en général de 0,11 à 0,36 (Dodenhoff et al., 1999 ; Garrick et al., 1988 ). Aboagye (2002) a rapporté une héritabilité directe du poids à la naissance de 0,45. Au sevrage, elle est de 0,38 chez les veaux Jersey (Akdag et al., 2011).

Les héritabilités directes du poids à 15 mois, 36 mois et le poids adulte des veaux de race N'Dama de Gambie sont respectivement de 0,48, 0,40 et 0,33 (Bosso et al., 2002 ; 2009). Chez les races Charolaise et Limousine, qui sont des races à viande, les héritabilités du poids sont plutôt faibles. Molinuevo et Vissac (1972) ont rapporté que les héritabilités des poids chez ces races sont, en général, maximales pour le poids à la naissance (0,15 à 0,30), passent par un minimum pour les poids vers 3-4 mois (entre 0,09 et 0,17) et augmentent vers 4-6 mois (entre 0,10 et 0,24).

L'héritabilité du GMQ de 15 à 36 mois des veaux de race N'Dama varie de 0,22 à 0,30 (Mackinon et al., 1991, Burrow, 2001, Bosso, 2006). Ce qui fait dire à Bosso (2006) que ce caractère est facile à améliorer par sélection.

#### 4.1.2. Héritabilité maternelle

L'héritabilité maternelle des caractères de croissance est plutôt élevée entre la naissance et le sevrage. À des âges avancés, l'effet maternel s'estompe. Ainsi, Mohiuddin (1993) a rapporté que l'héritabilité maternelle du poids à la naissance varie de 0,03 à 0,82, alors que celle du poids au sevrage varie de 0,04 (Dodenhoff et al., 1999) à 0,27 (Cantet et al., 1988). Elle est de 0,11, 0,06 et 0,12 pour le poids à 12 mois des veaux respectivement des races Herford, Angus et Nelore (Meyer, 1992 ; Eler et al., 1995).

#### 4.2. Répétabilité

La répétabilité est la part de la variance phénotypique qui est expliquée par les effets permanents de l'animal, à savoir la variance génotypique et la variance de l'environnement permanent.

Fall et al. (1982) ont rapporté que les répétabilités des poids à la naissance et à 3 mois, considérées comme des caractères de la vache, sont respectivement de 0,15 et 0,36. L'héritabilité du poids à la naissance chez la race White Fulani est de 0,28 (Olawuni et Salako, 2010).

#### 4.3. Corrélations génétiques et phénotypiques

La corrélation phénotypique entre le poids à la naissance et le poids à un âge avancé est modérée à élevée. Elle est de 0,43 entre les poids à la naissance et à 3 mois, 0,37 entre les poids à la naissance et à 6 mois, 0,12 à 0,28 entre les poids à la naissance et à 12 mois, 0,51 entre les poids à la naissance et à 15 mois, 0,61 entre les poids à la naissance et à 24 mois et 0,17 entre les poids à la naissance et à 36 mois (Olutogun, 1976 ; Fall et al., 1982 ; Bosso, 2006). Ces mêmes auteurs ont rapporté que les corrélations phénotypiques entre les poids des veaux à différents âges sont toutes positives et élevées : 0,61 entre les poids à 3 mois et à 9 mois, 0,81 entre les poids à 3 mois et à 9 mois, 0,82 entre les poids à 12 mois et à 15 mois et 0,81 entre les poids à 18 mois et à 30 mois.

La corrélation génétique entre le poids à la naissance et le poids à 36 mois est de 0,28. Elle est de 0,61 entre les poids à la naissance et à 24 mois et 0,84 entre les poids à 15 mois et à 36 mois (Mackinnon et al., 1991 ; Devis, 1993 ; Bosso, 2006). Toutefois, la corrélation génétique entre le GMQ15-36 et le poids à 15 mois est négative (-0,18), mais, elle est positive et élevée entre les différents GMQ (Devis et al., 1993 ; Bosso, 2006).

## **5. Amélioration génétique**

### **5.1. Objectifs**

Les objectifs fixés sont la clé de réussite d'un programme d'amélioration génétique. C'est la première étape et la plus décisive car elle conditionne tout le reste du processus (Minvielle, 1990). Elle consiste à fixer la finalité de l'amélioration. Elle aboutit à la définition d'un objectif général, qui est l'orientation globale que l'on veut donner à la population. Comme exemple d'objectif général, on peut citer : l'augmentation de la production de viande et/ou du lait. Ainsi, dans le premier cas, on veut faire une amélioration de la production de viande de la race objet de la sélection et dans le second cas c'est le lait qu'on veut améliorer. L'objectif général étant choisi, on définit également les objectifs spécifiques découlant du ou des caractères à améliorer pour atteindre l'objectif global. Dans le cas de la production de viande, les objectifs spécifiques peuvent être : amélioration de la croissance, de la fertilité, etc. Il faut ensuite définir les critères de sélection, qui servent de base au choix de tel reproducteur plutôt que tel autre (Bonnes et al., 1995).

Si pour Dempfle (1990) la lutte contre la trypanosomose est la principale justification de la mise en place d'un programme d'amélioration génétique des bovins de race N'Dama, pour Bosso et al. (2006) un programme d'amélioration génétique des bovins N'Dama doit viser à accroître les productions de lait et de viande, sans perdre la trypanotolérance et les caractères adaptatifs. Toutefois, les caractères adaptatifs et l'amélioration des caractères de production sont négativement corrélés. Une des solutions proposée par Franklin (1986) est la sélection des caractères de production en présence de stress environnementaux. Dempfle (1993) a rappelé l'importance de tous les caractères comme la tolérance aux maladies, la production de lait, la production viande et la force de traction. Quoiqu'il en soit, un objectif doit être accepté au préalable par les éleveurs de la race à améliorer. Le schéma de sélection doit répondre à leurs besoins actuels et futurs. C'est ainsi que Bennisson et al. (1997) ont rapporté qu'il est nécessaire de prendre en compte les préoccupations des éleveurs dans la définition des objectifs des programmes de sélection. Les objectifs doivent tenir compte des considérations économiques, politiques et affectives et être en phase avec les attentes des acteurs de l'élevage (Adjou Moumouni, 2006). Les objectifs de production doivent être orientés vers l'avenir et il est donc important de définir les objectifs de sélection appropriés qui répondent aux besoins du marché futur et aux conditions de production. Le but de l'élevage doit être considéré par rapport à la contrainte majeure de l'environnement et le système de production dans lequel l'amélioration génétique est demandée (Timon, 1990).

## 5.2. Critères de sélection

Les critères de sélection sont des paramètres mesurables et appréciables sur l'animal qui permettent d'atteindre les objectifs de sélection d'un programme d'amélioration génétique. Ces critères sont fonction des objectifs spécifiques qui permettent de donner la valeur d'un candidat à la sélection. Les critères de sélection sont nombreux et peuvent varier entre pays. Ils concernent généralement la vitesse de croissance, l'efficacité alimentaire des animaux, la qualité des carcasses (conformation, rendement, adiposité) et les qualités de la viande (couleur, tendreté, persillé) (Bouquet, 2008). Ainsi, pour la croissance ou l'aptitude bouchère, le GMQ et le poids seront des critères de sélection.

Les candidats qui présentent les meilleures valeurs pour ces critères pourront donc être retenus comme reproducteurs pour améliorer la productivité. Les critères servent donc de base pour tester la valeur des candidats à la sélection, afin de faire des choix raisonnés. Le poids à la naissance constitue une mesure appréciable pour la précocité des jeunes animaux et pour la sélection des veaux (Huxtey, 1932 ; Coulomb, 1976 ; Hildman, 1984 ; Akouango et al., 2010). Youssao et al. (2009) ont également rapporté que chez la race Borgou, la sélection sur le poids, la hauteur au garrot et la largeur du bassin des jeunes reproducteurs améliore de manière significative les performances pondérales de cette race. Ces mêmes auteurs ont indiqué qu'à côté des critères quantitatifs, les caractères phénotypiques, tels que la couleur blanche de la robe, les extrémités noires, le fanon et la bosse peu développée, sont d'une importance capitale chez les éleveurs. Les poids donnent une bonne indication sur le développement musculaire et squelettique. Ces caractères ont une relation positive avec le poids (Seriki, 2006).

## 5.3. Schémas de sélection

Le schéma de sélection fournit le cadre dans lequel les méthodes de sélection sont mises en pratique. Il convient de respecter un juste équilibre entre le coût du schéma de sélection et les bénéfices que l'on peut attendre.

Dans bien des schémas de sélection, on s'aligne sur la forme suivante :

- Le noyau où l'essentiel de l'effort de sélection est concentré ;
- Les troupeaux multiplicateurs pour exploiter les progrès génétiques ;
- Les troupeaux villageois ou commerciaux ou population générale pour diffuser les progrès génétiques.

Le programme de sélection convenu, ainsi que l'enregistrement des données de performances nécessaires sont mis en application au sein du noyau de sélection. Généralement, le noyau est localisé sur l'exploitation de l'un des éleveurs sélectionneurs associés, mais parfois dans un élevage dépendant d'un organisme de l'Etat (Bosso, 2006). La taille du noyau doit être suffisamment grande pour que la sélection soit efficace et que le taux de consanguinité reste acceptable (Wiegel, 2001 ; Wiener et Rouvier, 2009).

#### 5.3.1. Schéma à noyau fermé

Le noyau est fermé de tout apport étranger en provenance des troupeaux des éleveurs associés ou d'autres troupeaux (troupeau de base). La conséquence majeure est l'exposition aux effets délétères de la consanguinité. Bichard (1971), a indiqué que dans ce type de structure, le gain génétique devient, après quelques années de sélection, identique dans les différents étages. En outre, le noyau ne profiterait pas de l'introduction des éventuels sujets dotés d'aptitudes exceptionnelles qui pourraient se retrouver dans les autres troupeaux.

Ce type de schéma à noyau fermé n'a pas donné les résultats escomptés au CRZ de Dahra (Diop et al., 1993). En effet, après plusieurs années de fonctionnement, une évaluation critique de ce schéma a révélé que la taille du noyau de sélection ne permettait de mettre à la disposition des producteurs qu'un nombre limité de géniteurs par an. Ainsi, l'impact au niveau des troupeaux villageois et de production était très peu visible (Sow et al., 1988). En revanche, Youssao et al. (2009) ont rapporté que ce type de noyau appliqué aux bovins de race Borgou au Bénin a donné des résultats encourageants. Ainsi, les animaux sélectionnés ont un GMQ entre la naissance et 24 mois de 284 g/j contre 259 g/j pour les animaux non sélectionnés. En outre, selon Rewe (2004), dans un système de production des bovins à viande, le système à noyau fermé pourrait être un bon point de départ pour un programme d'amélioration génétique.

#### 5.3.2. Schéma à noyau ouvert

Le système à noyau ouvert (SNO) consiste à l'incorporation d'autres animaux, au moins pour quelques générations. Il s'agit le plus souvent d'introduire chaque année les meilleures femelles des troupeaux des éleveurs ou des troupeaux extérieurs (Wiener et Rouvier, 2009). Selon ces auteurs, il s'agit de faire un criblage des animaux pour constituer un noyau de sélection. Il consiste à un dépistage (screening) des femelles exceptionnelles des éleveurs (Diop et al., 1993). Ces femelles doivent se montrer à la hauteur de celles qui se trouvent déjà

dans le noyau. Après comparaison des performances, elles prennent la place d'autres femelles du noyau si elles sont considérées supérieures. Le but de cette introduction est d'accélérer le rythme du progrès génétique au sein du noyau, surtout dans les toutes premières années du schéma de sélection, tout en freinant l'accroissement de la consanguinité. Plus important encore, il encourage une participation de plusieurs éleveurs, ce qui renforce les chances de succès du schéma (Bondoc et Smith, 1993). Ce type de schéma a été expérimenté dans les années 90 au centre de recherches zootechniques de Kolda (Diop et al., 1993).

Les schémas de sélection à noyau ouvert (SNO) ont été proposés pour surmonter certaines contraintes techniques liées à la mise en œuvre d'un schéma de sélection pour les systèmes à faibles intrants de production extensifs (Smith, 1988; Dempfle, 1993). Ainsi, la conception de tout programme d'amélioration génétique doit être dans le contexte des zones écologiques et des systèmes de production dominants dans lesquels les animaux sont élevés. En règle générale, le SNO offre un potentiel de progrès génétique plus élevé que celui qui serait obtenu au sein de troupeaux par sélection traditionnelle (Smith, 1988). Kahi et al. (2004) ont décrit un système à noyau ouvert à deux vitesses (deux étages) au Kenya sur le bovin de race Boran. Ce système à noyau ouvert a fourni environ 10% de plus que le gain génétique des systèmes fermés parce qu'il y a plus d'animaux qui sont des candidats potentiels pour la sélection.

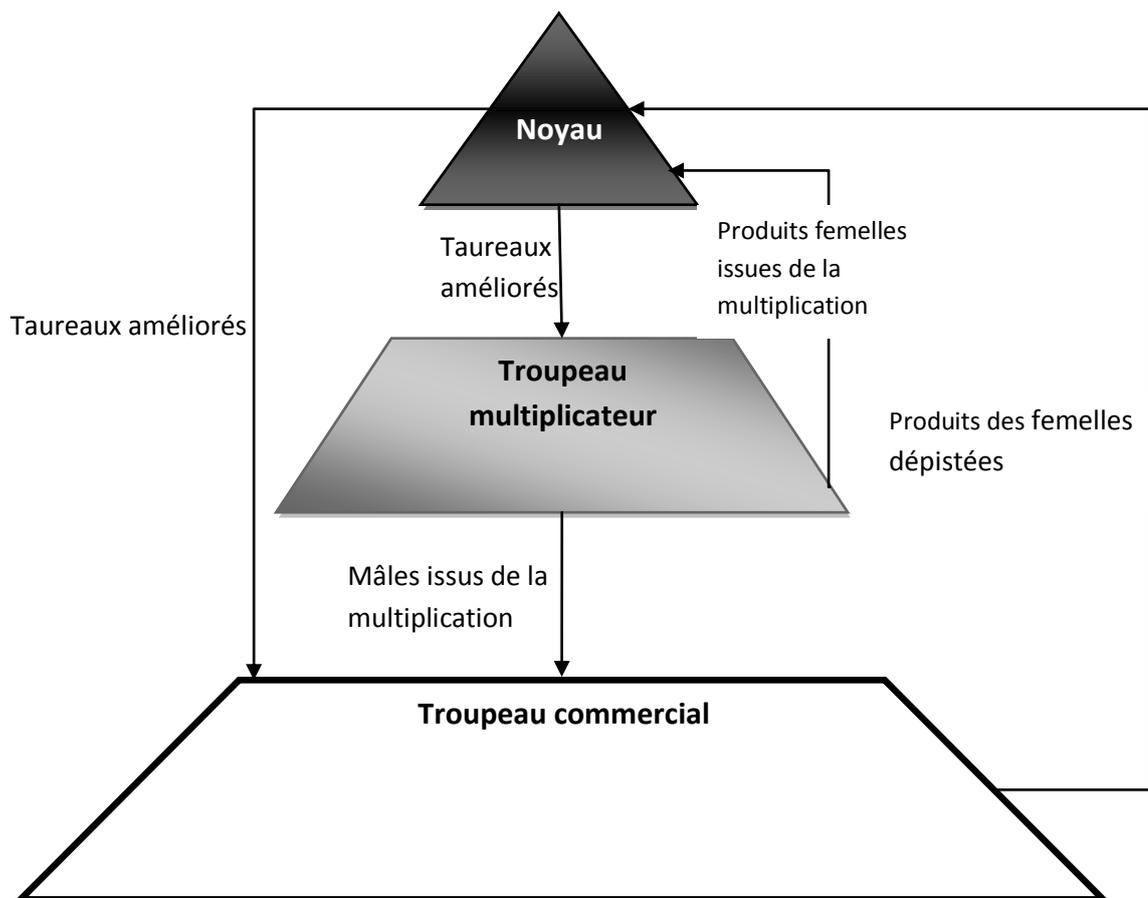
Un SNO peut donc être relativement de petite taille et avoir un grand impact, s'il est bien organisé et correctement exploité (Syrstad, 1988). Cet impact a aussi un effet positif sur le taux de consanguinité. En effet, selon Bosso (2006) un noyau ouvert composé cinq taureaux et 200 femelles produirait un taux de consanguinité estimé à 4,5% par génération. Ce même auteur a indiqué aussi qu'une diminution de l'intensité de sélection aboutit à un taux de consanguinité réduit. En revanche, un noyau ouvert de dix taureaux pour une population de 200 femelles donnerait un taux de consanguinité de 2,3%.

Pour un schéma de sélection dont l'objectif est la production de viande, la proportion des vaches dans le noyau doit être au moins 5% de la population totale ciblée (Rege et al., 2001). Alors que Jackson et al. (1972) ont rapporté que cette taille doit représenter 10% de la population de base. Cependant, la taille d'un noyau de sélection est dictée par les installations disponibles (Smith, 1988).

Une étude de simulation, dans un système à noyau ouvert, a montré qu'un schéma de sélection utilisant des taureaux de trois ans d'âge est aussi efficace qu'un schéma utilisant des reproducteurs à l'âge de 5-6 ans (Jaitner et Dempfle, 1998). Il a l'avantage supplémentaire d'être moins coûteux. Bosso (2006) a mené une étude favorable au scénario basé sur la

sélection des jeunes taureaux. En effet, pour cet auteur, l'utilisation de cinq jeunes taureaux dans un système à noyau ouvert de 200 femelles a donné une réponse génétique plus élevée, 0,25g/j de GMQ entre 15 et 36 mois. Alors que le scénario basé sur l'utilisation des taureaux âgés de 10 ans et sur l'information sur la production laitière de leurs 50 filles a produit une réponse génétique de 0,07g/j de GMQ entre 15 et 36 mois.

Quelques exemples de SNO ont été initiés en Afrique de l'Ouest. En 1985, un programme visant à évaluer la productivité des bovins N'Dama dans les conditions villageoises a été lancé au Sénégal (Fall, 1992). Un effort global d'amélioration génétique pour la production laitière et de viande de bovins N'Dama a été lancé en 1981 en Guinée et en 1994 en Gambie (Diallo et al., 1993 ; Dempfle et Jaitner, 2000). Mais, pour Trail et al. (1991), le manque de connaissance sur les paramètres génétiques de la race N'Dama, a obligé les responsables du schéma de sélection à se baser sur la littérature et sur les expériences liées à la trypanosomose.



**Figure 1 : Représentation schématique d'un système de sélection à noyau ouvert de ITC (Bosso, 2006)**

### 5.3.3. Schéma de sélection centralisé

Ce type de schéma est alimenté par un mécanisme lui fournissant les meilleures femelles reproductrices, une certaine organisation est requise pour le testage des mâles qui y sont produits.

Il s'agit de trois étapes successives : 1) la sélection en ferme des veaux mâles répondant au mieux aux objectifs du schéma de sélection, 2) la sélection des meilleurs mâles évalués en station de contrôle individuel sur les performances de croissance, de morphologie et d'efficacité alimentaire, et finalement 3) la sélection des meilleurs mâles après testage sur descendance (Bouquet, 2008). Selon ce même auteur, l'étape de contrôle sur descendance pourrait être supprimée, le taureau reçoit une autorisation à l'IA suite seulement à un contrôle individuel dans le cas des bovins de races allaitantes.

### 5.4. Progrès génétique

Le progrès génétique ou le gain génétique est un outil de mesure de l'efficacité d'un programme d'amélioration génétique. En revanche, il est difficile de suivre le progrès génétique réalisé de façon pratique dans les élevages tropicaux. Cependant, une méthode moins puissante, mais moins lourde à mettre en œuvre consiste à comparer les performances des animaux sélectionnés avec celles des animaux de production qui n'ont pas bénéficié de l'apport génétique du cheptel sélectionné (Wiener et Rouvier, 2009). Quant à la méthode de prévision, elle consiste à faire une simulation des différents scénarii d'un ou de plusieurs schémas de sélection afin d'adopter le meilleur (Bosso et al., 2009).

Selon Van Arendonk et Bijma (2003), deux activités caractérisent le gain génétique à savoir sa génération et sa diffusion.

La génération du gain génétique est fonction du type de schéma de sélection, de la taille du noyau, du caractère à améliorer, de l'intervalle de génération, de l'intensité de sélection et de la précision de sélection. Une étude sur l'optimisation des schémas de sélection menée par Villanueva et al. (2000) a indiqué l'importance de la classe d'âge des parents, de la taille du noyau des générations chevauchantes et du caractère étudié dans la production du gain génétique. En effet, l'utilisation des jeunes taureaux permet de réduire l'intervalle de génération, alors que l'utilisation des taureaux âgés augmente la précision de la sélection. Pour un schéma à noyau ouvert, Bosso (2006) a rapporté un gain génétique de 0,40 kg/an pour le caractère poids à 36 mois des bovins de race N'Dama. La tendance du progrès

génétique observée sur les caractères de croissance de bovins de race N'Dama à ITC de 1994 à 2004 est de 0,632 kg/an pour le poids à 36 mois, 0,06 kg/an pour le poids à la naissance et 0,17 kg/an pour le poids à 12 mois (ITC, 1999).

La diffusion ou la dissémination du gain génétique consiste à un transfert du progrès génétique créé au sein du noyau de sélection à la base. Cette diffusion doit faire intervenir tous les acteurs impliqués dans le programme d'amélioration génétique. Bosso et al. (2006) ont mis l'accent sur le rôle des associations d'élevage. Jaitner et al. (2003) ont abordé la question en donnant trois approches :

- l'approche village, avec un troupeau multiplicateur représentant tout le village,
- l'approche groupement, où un groupe d'éleveurs dans le village met en commun leurs troupeaux pour former un troupeau multiplicateur,
- l'approche individuelle, le troupeau multiplicateur est formé par des éleveurs individuels avec des troupeaux de taille raisonnable.

La multiplication et la diffusion du progrès génétique sont étroitement liées à la taille du troupeau multiplicateur. Ainsi, selon Jaitner et al. (2003), un troupeau multiplicateur doit contenir plus de 40 femelles de plus de cinq ans.

## **Conclusion**

Il ressort de cette étude bibliographique que l'élevage bovin au Sénégal est constitué principalement de trois principaux types génétiques: le zébu Gobra, le taurin N'Dama et le Djakoré, qui est un produit de croisement naturel entre le Gobra et le Ndama.

Le taurin N'Dama trypanotolérant apparait comme une race à viande. Les données sur les performances de croissance et de reproduction sont différentes d'un pays à un autre ou d'un système d'élevage à un autre. Les performances des caractères de reproduction et de croissance sont influencées par l'âge de la mère, la saison de vêlage, le rang de vêlage, le système d'élevage et le sexe de l'animal.

L'étude des paramètres génétiques permet de dire que l'héritabilité des caractères de croissance est moyenne à élevée. Les corrélations génétiques et phénotypiques sont toutes positives.

Les différents schémas de sélection appliqués à la race N'Dama l'ont été surtout pour un objectif de recherche. Néanmoins, plusieurs programmes d'amélioration génétique des bovins N'Dama ont été initiés en Gambie, en Guinée, au Mali et au Sénégal sans pour autant produire des résultats probants. Pourtant des études de simulation des différents scénarii des schémas de sélection ont donné des progrès génétiques appréciables.

**1<sup>ère</sup> partie : Analyse  
génétique des performances  
zootechniques**

# MATÉRIEL ET MÉTHODES

## 1. Présentation de la zone d'étude

Le Centre de Recherches Zootechniques (CRZ) de Kolda est une station de recherche de l'Institut Sénégalais de Recherche Agricole (ISRA). Il est situé en Casamance, dans le sud du Sénégal, à une altitude de 23 m et dispose d'une surface de 2600 ha divisée en 18 parcs. Le climat est caractérisé par une saison de pluies de 5 mois, de juin à octobre, avec une moyenne des précipitations de 1000 mm, une saison sèche, de novembre à mai, et une période froide, de novembre à février. La température moyenne annuelle est de 27,7°C, avec un maximum de 34,9°C aux mois d'avril, mai et octobre, et un minimum de 20,4°C en janvier et août. L'humidité relative moyenne est de 88%, avec un maximum de 97% en septembre et un minimum de 21% en février et mars.

On trouve trois types principaux de végétation au CRZ : la forêt claire et la savane sèche sans nappe souterraine près de la surface, des jachères et des zones marécageuses (lits de rivières, rizières et pâturages humides de *Cyperaceae* et *Vetiveria nigritana*). Les graminées les plus courantes sont : *Andropogon gayanus*, *A. pseudapricus*, *Anadelphia arrecta* et le *Pennisetum subangustum*. Les prairies de *Vetiveria sp*, de *Cyperaceae* et *Anadelphia sp*. Elles produisent peu de fourrage de qualité, mais restent vertes pendant un temps considérable en saison sèche. La présence de légumineuses, telles que *Stylosanthes gracilis* et *S. humilis*, améliore quelque peu le pâturage naturel disponible. L'infestation glossinaire est moyenne.

## 2. Conduite du troupeau

### 2.1. Conduite de la reproduction et de la sélection

La conduite et la gestion du troupeau dans le cadre de la mise en œuvre du système à noyau fermé exécuté de 1972 à 1990 ont été décrites par Fall et al. (1982). Il y a 5 troupeaux de reproduction, comprenant chacun 50 vaches et un taureau. Les taureaux sont utilisés en rotation entre les différents troupeaux. La reproduction se fait par monte naturelle. Les vaches entamant leurs derniers mois de gestation sont rassemblées en un seul troupeau placé dans des enclos proches des étables. Après le vêlage, les vaches rejoignent un troupeau de vaches et veaux dans les étables, où les veaux reçoivent tout le lait maternel. Au sevrage vers l'âge de 6 mois, les veaux entrent dans deux troupeaux séparés selon le sexe. Les veaux sont marqués au fer rouge dès le sevrage. Avant cet âge, ils sont identifiés selon le numéro de leur mère. Les jeunes femelles restent dans le troupeau des génisses jusqu'à l'âge de 18-23 mois pour

rejoindre un troupeau de reproduction, différent cependant de celui de leurs géniteurs. Les génisses trop petites ou trop faibles sont réformées. Les veaux mâles sevrés rejoignent un troupeau collectif de présélection jusqu'à l'âge de 18 mois. Les taurillons choisis sur la base de leur croissance et de leur conformation, sont alors conduits dans des enclos individuels pour le contrôle de croissance. Les autres sont castrés et/ou reformés pour d'autres fins. A l'âge de 24 mois, le ou les deux meilleurs taureaux du groupe de sélection individuelle (sélectionnés selon les critères de croissance, de conformation et de spermologie) passent dans le troupeau de reproduction. Les autres sont cédés comme géniteurs aux éleveurs afin d'améliorer la race en dehors du centre.

## 2.2. Conduite alimentaire

Les animaux broutent dans les pâturages naturels. La qualité et la quantité de fourrage disponible sont optimales pendant la saison des pluies, mais les pâturages se détériorent pendant la saison sèche. Les mois de mai et de juin sont les plus difficiles selon le plan alimentaire.

La complémentation alimentaire varie au cours de l'année et en fonction du groupe auquel appartient l'animal. Ainsi, les bovins adultes reçoivent 1 kg/jour de tourteau d'arachide et les veaux sevrés 0,5 kg/jour. Quant aux vaches suitées, elles reçoivent 2 kg de grain de coton par jour. En saison sèche, cette complémentation alimentaire n'est distribuée qu'aux vaches gestantes ou suitées et les taurillons en présélection. Des fanes d'arachide et des pierres à lécher contenant des sels minéraux sont également mises à la disposition des animaux.

## 2.3. Conduite sanitaire

Les bovins sont régulièrement vaccinés contre la pasteurellose, la peste bovine, la péripneumonie et les charbons. Les parasites internes et externes sont combattus régulièrement.

## 3. Source des données

Les données analysées proviennent des enregistrements du CRZ de Kolda dans le cadre de la mise en œuvre du programme d'amélioration génétique à noyau fermé. Le troupeau de fondation comprenait 123 génisses et 8 taureaux achetés aux éleveurs traditionnels en Casamance et au Sénégal-Oriental. Le troupeau a été constitué de Mars 1972 à Octobre 1974.

Le système de collecte des données est la suivante : à la naissance, la date de naissance, les numéros des pères et mères, le rang de naissance, le sexe et le poids du veau nouveau-né sont enregistrés. La fréquence des pesées est d'une fois par semaine entre la naissance et l'âge de 3 mois, une fois par quinzaine entre l'âge de 3 et 6 mois, une fois par mois entre l'âge de 6 et 24 mois et une fois par trimestre entre l'âge de 24 et 96 mois.

#### **4. Caractères étudiés**

Les caractères de croissance étudiés sont les poids à la naissance, à 3, 6 (sevrage), 12, 24 mois et 36 mois. Ces poids aux âges types sont calculés selon la méthode de régression linéaire. En effet, des mesures linéaires des poids prises périodiquement sur les veaux ont permis de tracer une courbe de variation du poids en fonction de l'âge de l'animal. L'équation de régression  $Y = a + bx$  ainsi obtenue a permis de déterminer les poids aux âges types. Par la suite, les gains moyens quotidiens entre deux âges types ont été calculés à partir des poids correspondants. Il s'agit des gains moyens quotidiens entre la naissance et 6 mois (GMQ0-6) et entre 6 et 12 mois (GMQ6-12).

Les caractères de reproduction étudiés sont l'âge au premier vêlage et l'intervalle vêlage-vêlage. L'âge au premier vêlage est l'intervalle de temps écoulé entre la date du premier vêlage de la vache et celle de sa naissance. L'intervalle vêlage-vêlage est la durée calculée entre deux vêlages successifs.

#### **5. Analyses statistiques génétiques**

Les données analysées sont initialement au nombre de 1954 données collectées entre 1974 et 1993. Ces données ont fait l'objet d'un traitement et les veaux nés de pères inconnus, ayant le sexe non connu, dont les rangs de vêlage des mères sont inconnus ont été éliminés. De même, les données dont les valeurs pour un caractère sortent de l'intervalle  $\mu \pm 3\sigma$  sont considérées comme aberrantes et ont été également éliminées. Ainsi, l'analyse finale a porté sur les performances de croissance de 1520 veaux nés de 57 pères et sur les performances de reproduction de 347 vaches.

##### **5.1. Statistique descriptive**

Les facteurs non génétiques qui influencent les performances de croissance des veaux et de reproduction des vaches ont été déterminés par la méthode des moindres carrés en utilisant la procédure GLM du logiciel SAS (SAS, 2002). Le modèle statistique utilisé pour analyser les

poids et les GMQ des veaux incluent les effets fixes de l'âge de la mère (6 niveaux : Age $\leq$ 3 ans, 3 ans<Age $\leq$ 4 ans, 4 ans<Age $\leq$ 5 ans, 5 ans<Age $\leq$ 6 ans, 6 ans<Age $\leq$ 7 ans et Age>7 ans), du rang de vêlage (6 niveaux : 1, 2, ..., 6 et plus), du sexe du veau (2 niveaux : Femelle et mâle), la saison de naissance (3 niveaux : saison des pluies : de juillet à octobre, saison froide : de novembre à février et saison sèche : de mars à juin) et l'année de naissance (20 niveaux : 1974, ..., 1993). Le modèle statistique utilisé pour analyser l'intervalle entre vêlages inclut les effets fixes de l'âge au vêlage, le rang de vêlage, la saison de vêlage et l'année de vêlage. Dans tous ces modèles, les interactions entre ces facteurs n'ont pas été testées. La comparaison des moyennes ajustées a été faite par l'option pdiff.

## 5.2. Estimation des paramètres génétiques et phénotypiques, évaluation génétique et estimation du progrès génétique

L'estimation des composantes de la variance a été faite en utilisant la méthode DF-REML à l'aide du programme MTDFREML (Boldman et al., 1993). Le modèle mixte unicaractère utilisé est :

$$Y = Xb + Za + Wm + Sep + e$$

Y= vecteur des observations de dimension n\*1, n est le nombre de données analysées

b= vecteur des effets fixes de dimension p\*1, p est le nombre de niveaux des effets fixes (âge de la mère, rang de vêlage, sexe et saison de vêlage)

a ~ N(0, A $\sigma_d^2$ ) : vecteur des effets génétiques directs

m ~ N(0, A $\sigma_m^2$ ) : vecteur des effets génétiques maternels

ep ~ N(0, I $\sigma_{ep}^2$ ) : vecteur des effets de l'environnement maternel permanent

e ~ N(0, I $\sigma_e^2$ ) : vecteur des effets résiduels

X= matrice d'incidence qui relie b à Y

Z= matrice d'incidence qui relie a à Y

W= matrice d'incidence qui relie m à Y

S= matrice d'incidence qui relie ep à Y

Avec  $\sigma_d^2$  : variance des effets génétiques directs,  $\sigma_m^2$  : variance des effets génétiques maternels,  $\sigma_{ep}^2$  : variance de l'environnement maternel permanent,  $\sigma_e^2$  : variance résiduelle,

A : matrice des relations génétiques additives,  $I_c$  : matrice unité de dimension égale au nombre d'effets maternels permanents et  $I_n$  : matrice unité de dimension égale au nombre de données.

La convergence est considérée atteinte lorsque la variance de la fonction (-2log-likelihood) est inférieur à  $10^{-8}$  pour être sûr que le maximum global est atteint. Chaque analyse a été répétée en utilisant les valeurs de la précédente convergence, jusqu'à ce que la valeur estimée de la fonction -2log-likelihood ne change plus à la 2<sup>ème</sup> décimale. Les solutions des effets fixes et aléatoires qui sont adoptées sont celles obtenues à la dernière exécution.

Les héritabilités directes et maternelles des poids à la naissance, 3 mois, 6 mois, 12 mois, 24 mois et 36 mois et pour les GMQ0-6 et GMQ6-12 ont été estimées respectivement par :

$$h_d^2 = \frac{\sigma_d^2}{\sigma_p^2} \quad \text{et} \quad h_m^2 = \frac{\sigma_m^2}{\sigma_p^2}$$

Avec  $\sigma_p^2$  est la variance phénotypique.

Les composantes de la covariance des différents caractères ont été estimées par l'analyse à deux variables en utilisant le même modèle que pour l'analyse unicaractère. Pour cela, la valeur du critère de convergence a été fixée dans un premier temps à  $10^{-3}$  et les composantes de la variance obtenues dans l'analyse unicaractère ont été utilisées comme valeurs initiales. Une fois la convergence atteinte, le critère de convergence a été augmenté à  $10^{-8}$ . Les corrélations génétiques directes ( $r_g$ ), les corrélations génétiques maternelles ( $r_m$ ) et phénotypiques ( $r_p$ ) entre les caractères étudiés ont été estimées selon les formules suivantes :

$$r_g = \frac{\sigma_{d_i d_j}}{\sqrt{\sigma_{d_i}^2 \sigma_{d_j}^2}} \quad r_m = \frac{\sigma_{m_i m_j}}{\sqrt{\sigma_{m_i}^2 \sigma_{m_j}^2}} \quad \text{et} \quad r_p = \frac{\sigma_{p_i p_j}}{\sqrt{\sigma_{p_i}^2 \sigma_{p_j}^2}}$$

Avec :

$\sigma_{d_i d_j}$  est la covariance des effets génétiques directs entre les caractères i et j

$\sigma_{m_i m_j}$  est la covariance des effets génétiques maternelles entre les caractères i et j

$\sigma_{p_i p_j}$  est la covariance phénotypique entre les caractères i et j

$\sigma_{d_i}^2$  est la variance génétique directe du caractère i et  $\sigma_{d_j}^2$  est la variance génétique directe du caractère j

$\sigma_{m_i}^2$  est la variance génétique maternelle du caractère i et  $\sigma_{m_j}^2$  est la variance génétique maternelle du caractère j

Le progrès génétique annuel réalisé a été estimé par le coefficient de régression de la valeur génétique additive de chaque animal sur son année de naissance.

# **RESULTATS ET DISCUSSION**

## RESULTATS

### 1. Moyennes arithmétiques

#### 1.1. Performances de croissance

Le poids à la naissance des veaux de race N'Dama, calculé sur 1520 observations, est en moyenne de 17,4 kg avec un coefficient de variation de 20,5% (Tableau 1). La distribution de fréquences montre que 19,7% des veaux ont un poids à la naissance compris entre 14 et 16 kg et 21,6% ont pesé entre 16 et 18 kg (Figure 2).

La moyenne du poids à 3 mois, calculée sur 1124 observations, est 49,1 kg. Ce poids varie de 16 à 86 kg, avec un coefficient de variation 24,1% (Tableau 1). A cet âge, presque 34% ont réalisé un poids compris entre 40 et 50 kg et 16,8% des veaux ont pesé plus de 60 kg (Figure 3).

Six mois est l'âge au sevrage des veaux de race N'Dama au CRZ de Kolda. A cet âge, les veaux pèsent en moyenne de 77,3 kg avec un coefficient de variation de 25 % (Tableau 1). La classe modale du poids à 6 mois est comprise 65 et 75 kg et elle concerne 19,5% des animaux, alors que 8,6% ont un poids supérieur à 105 kg (Figure 4).

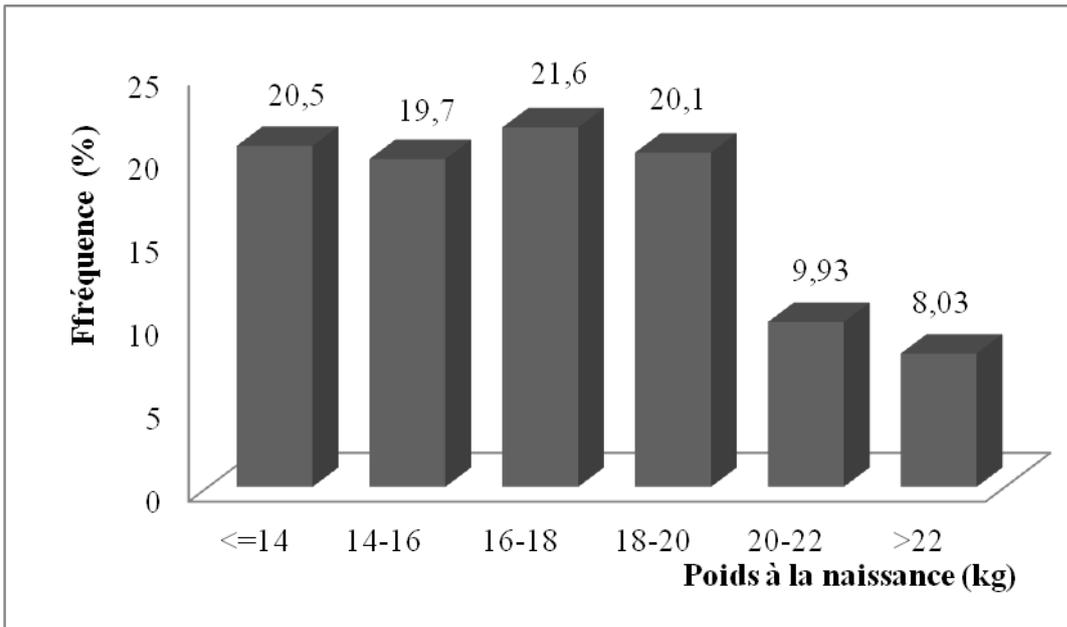
Les moyennes arithmétiques des poids à 12, 24 et 36 mois, calculés respectivement sur 809, 509 et 267, sont respectivement de 99,4 kg, 171 kg et 220 kg. Les coefficients de variation sont respectivement de 24%, 27,9% et 20% (Tableau 1).

La classe modale du poids à 12 mois est comprise entre 90 et 110 kg et elle concerne 32,8 % des veaux et celle du poids à 24 mois est comprise entre 160 et 190 kg et regroupe 25,9 % des veaux. Pour le poids à 36 mois, la distribution de fréquences montre que 22,1% des animaux ont pesé entre 210 et 230 kg et 20,2% ont un poids supérieur à 250 kg (Figures 5, 6 et 7).

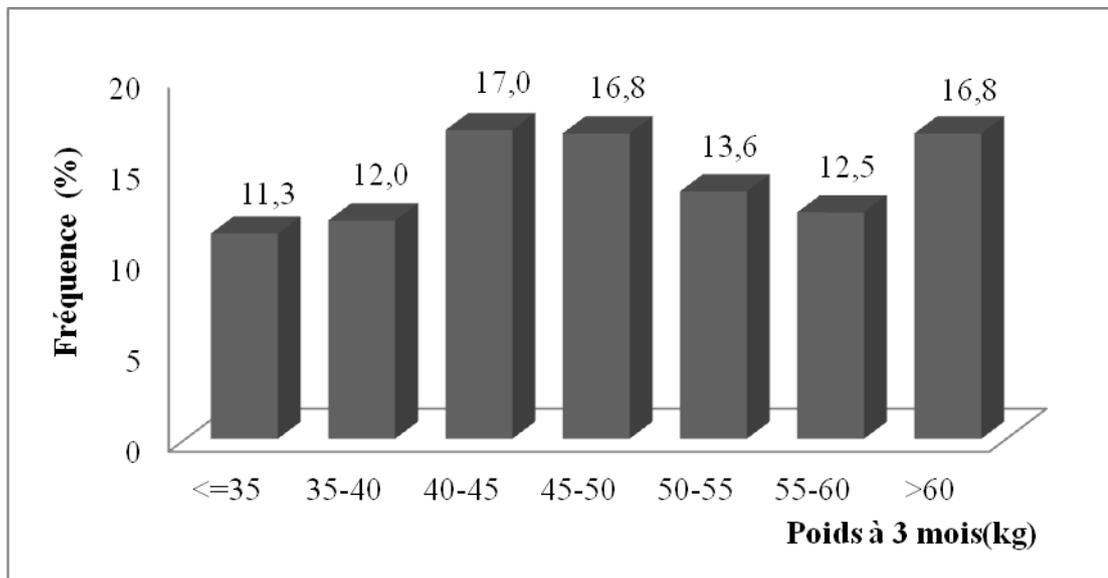
Le gain moyen quotidien (GMQ) des veaux de race N'Dama change en fonction de la période considérée. Ainsi, les moyennes arithmétiques des GMQ0-6 et GMQ6-12 sont respectivement de 331 g/j et de 457 g/j. Leurs coefficients de variation sont respectivement de 32,3% et de 28,5% (Tableau 1).

**Tableau 1 : Nombre d'observations, moyennes arithmétiques, écarts types et coefficients de variation des performances zootechniques des bovins de race N'Dama**

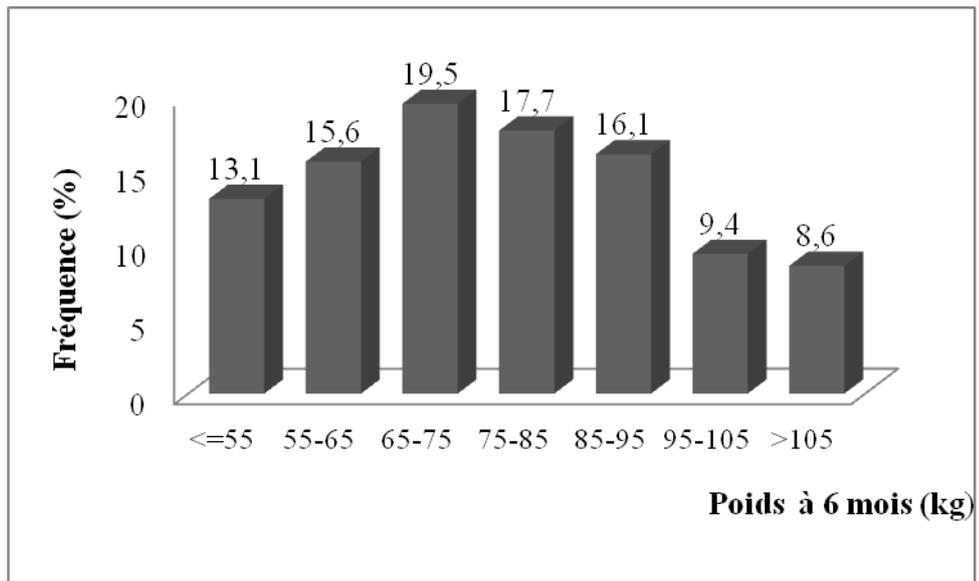
Caractère	Nombre	Moyenne arithmétique	Écart-type	Coefficient de variation
Age au vêlage (mois)	1428	86,2	36,3	42,1
Age au premier vêlage (mois)	283	42,6	8,46	19,8
Intervalle vêlage-vêlage (mois)	1103	17,6	6,52	37,0
Poids à la naissance (kg)	1520	17,4	3,56	20,5
Poids à 3 mois (kg)	1124	49,1	11,8	24,1
Poids à 6 mois (kg)	1072	77,3	19,3	25,0
Poids à 12 mois (kg)	809	99,4	23,9	24,0
Poids à 24 mois (kg)	509	171	47,8	27,9
Poids à 36 mois (kg)	267	220	44,2	20,0
GMQ6-12 (g/j)	807	457	130	28,5
GMQ0-6 (g/j)	1044	331	107	32,3



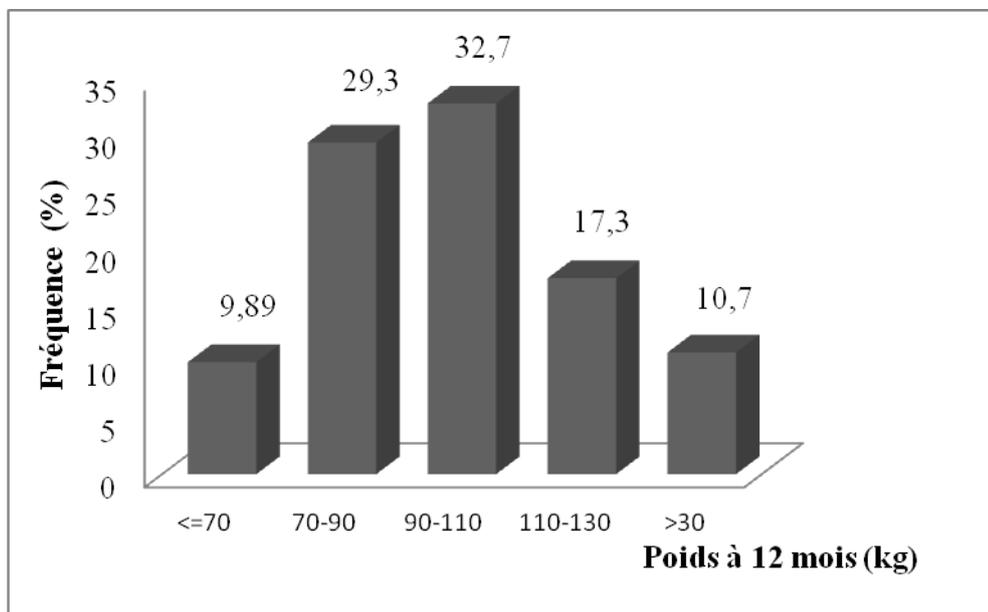
**Figure 2 : Distribution de fréquences du poids à la naissance des veaux de race N'Dama**



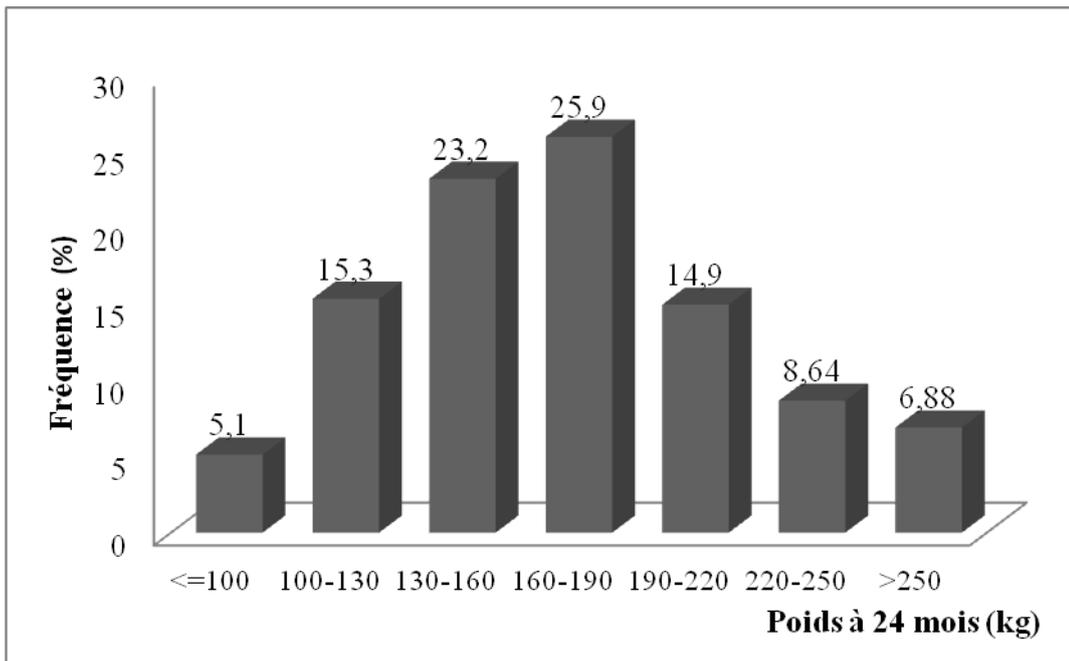
**Figure 3 : Distribution de fréquences du poids à 3 mois des veaux de race N'Dama**



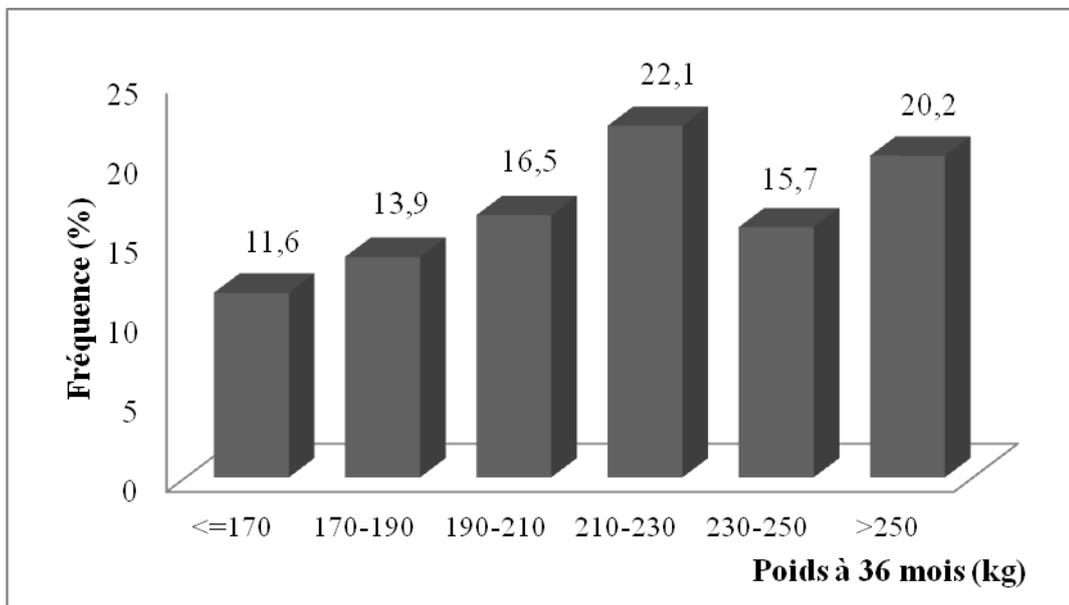
**Figure 4 : Distribution des fréquences du poids à 6 mois des veaux de race N'Dama**



**Figure 5 : Distribution des fréquences du poids à 12 mois des veaux de race N'Dama**



**Figure 6 : Distribution de fréquences des poids à 24 mois des bovins de race N'Dama**

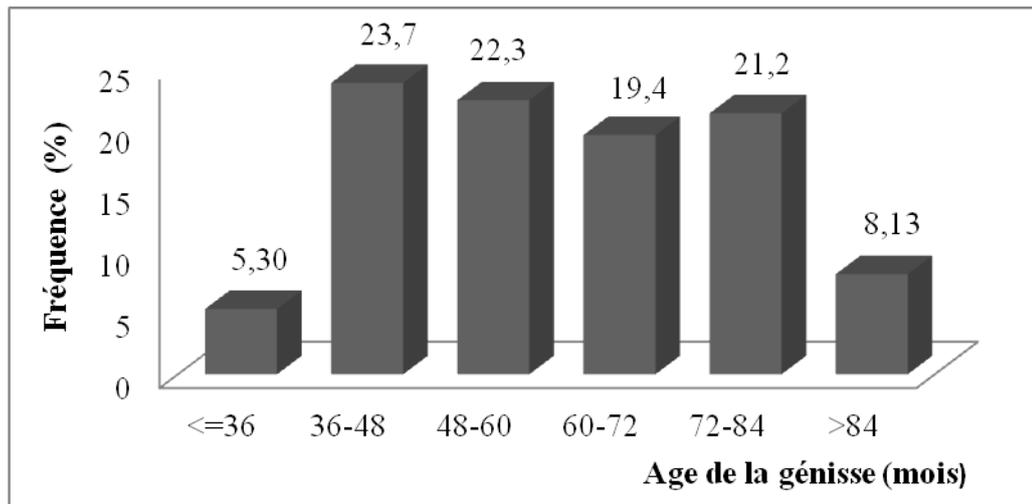


**Figure 7 : Distribution de fréquences des poids à 36 mois des bovins de race N'Dama**

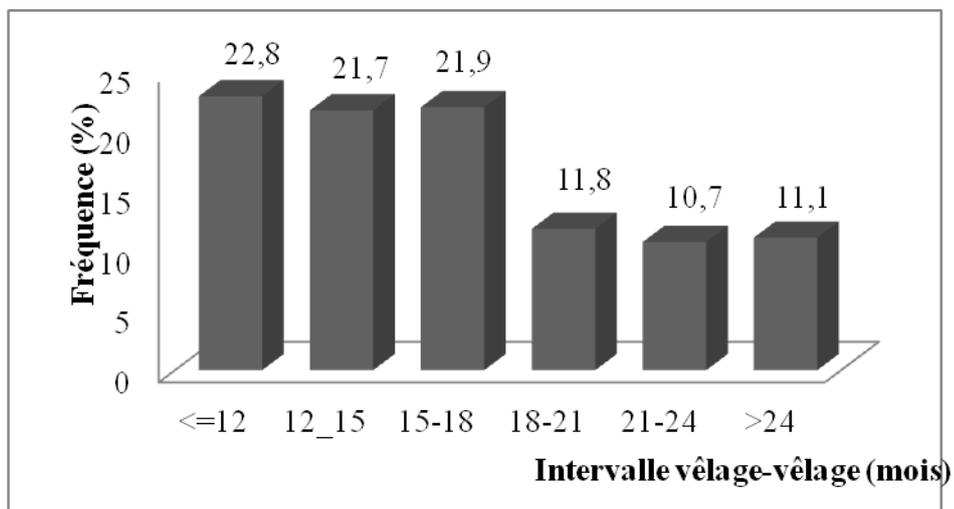
## 1.2. Performances de reproduction

L'âge au premier vêlage des génisses N'Dama calculé sur 283 observations est en moyenne de 43 mois, avec un coefficient de variation de 19,8%. Il varie de 21 à 60 mois. La classe modale est comprise entre 36 et 48 mois et représente 23,7 % des observations (Figure 7).

L'intervalle vêlage-vêlage des vaches de race N'Dama, calculé sur 1103 observations, est en moyenne de 17 mois, avec un écart type de 6 mois. La distribution de fréquences montre que 22,8% des intervalles entre les vêlages sont égaux à 12 mois et 21,9 % sont compris entre 15 et 18 mois (Figure 8).



**Figure 8 : Distribution de fréquence de l'âge au premier vêlage des bovins de race N'Dama**



**Figure 9 : Distribution de fréquence de l'intervalle vêlage-vêlage des bovins de race N'Dama**

## 2. Effet des facteurs non génétiques

Les moyennes ajustées et les erreurs types des caractères étudiés en fonction des facteurs du milieu sont présentées aux tableaux 2, 3, 4 et 5, alors que l'effet de l'année de naissance sur les caractères étudiés est présenté aux figures 9 et 10.

### 2.1. Effet des facteurs non génétiques sur les poids

Le modèle final d'analyse de la variance des poids comporte des effets fixes de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe du veau, de la saison de vêlage et de l'année de naissance. Les interactions entre les différents facteurs de l'environnement n'ont pas été étudiées. Ces facteurs contribuent à 22,7%, 21,2%, 36,2%, 32,6%, 45% et 38,7% de la variation totale des poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 36 mois respectivement.

#### 2.1.1. Effet de l'âge de la mère

L'analyse de la variance a révélé que l'âge au vêlage de la mère a un effet significatif sur le poids à la naissance et sur le poids à 3 mois (Tableau 2). Les veaux issus des mères dont l'âge est compris entre 5 et 6 ans naissent plus lourds de 2,2 kg que ceux issus des mères âgées de moins de 3 ans, de 1,4 kg que les veaux produits par des mères âgées de 3 à 4 ans, et de 0,5 kg et 0,1 kg que ceux issus respectivement des vaches âgées de 6 à 7 ans et de plus de 7 ans. Les veaux issus de mères dont l'âge au vêlage est compris entre 6 et 7 ans sont plus lourds à 3 mois de 6 kg que ceux produits par les vaches âgées au vêlage de moins de 3 ans et de seulement 1,3 kg que les veaux des mères âgées de 6 à 7 ans. En revanche, cet effet n'affecte pas les poids à 6, 12, 24 et 36 mois (Tableaux 3 et 4). Toutefois, la plus grande différence de poids a été observée entre les veaux issus des vaches âgées de plus de 7 ans et des veaux issus des mères âgées de 3 ans (6 kg pour le poids à 6 mois et 2,2 kg pour le poids à 12 mois). De même, les veaux produits par les vaches âgées de moins de 3 ans sont plus lourds à 24 mois de 17,4 kg de plus que les veaux issus des mères âgées de plus de 7 ans.

#### 2.1.2. Effet du rang de vêlage

Le rang de vêlage de la mère a un effet significatif sur les poids à la naissance, à 3, 6, 12 et 24 mois (Tableaux 2, 3 et 4). Les veaux issus des mères au 4<sup>ème</sup> rang de vêlage naissent plus lourds de 1,1 kg que les veaux issus des primipares et de seulement 0,3 kg que ceux produits par les vaches au 3<sup>ème</sup> et au 6<sup>ème</sup> rang de vêlage. A 3 mois, les veaux issus des vaches au 4<sup>ème</sup> vêlage ont pesé 8,3 kg de plus que ceux des primipares et 3 kg de plus que ceux des vaches au

2<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> rang de vêlage. Les veaux issus du 4<sup>ème</sup> vêlage sont plus lourds que ceux issus des primipares de 12 kg et 14,3 kg respectivement à 6 et 12 mois. Ils sont aussi plus lourds que ceux issus du 5<sup>ème</sup> rang de vêlage de 0,4 kg et de 0,3 kg à 6 et 12 mois respectivement. A 24 mois, la différence de poids entre les veaux les plus lourds produits par les vaches au 5<sup>ème</sup> vêlage et les veaux les plus faibles issus des primipares est de 25,6 kg. Le poids à 36 mois n'est pas affecté par le rang de vêlage. Toutefois, la différence de poids entre les veaux issus des mères ayant vêlé pour la première fois et les veaux produits par des vaches au 4<sup>ème</sup> rang de vêlage est de 17,6 kg.

#### 2.1.3. Effet du sexe du veau

Le sexe du veau affecte les poids à la naissance à 3, 6, 12, 24 et 36 mois des veaux de race N'Dama (tableaux 2,3 et 4). En effet, Les veaux femelles ont eu des poids plus faibles que ceux des veaux mâles. La différence est de 0,9 kg, 2,2 kg respectivement à la naissance et à 3 mois. Cette différence de poids entre les deux sexes augmente au fur à mesure que les veaux prennent de l'âge. Elle est de 3,1 kg à 6 mois, 9,4 kg à 12 mois, 24,3 kg à 24 mois et 44,3 kg à 36 mois.

#### 2.1.4. Effet de la saison de la naissance

L'analyse de la variance a mis en évidence un effet significatif de la saison de naissance sur le poids à la naissance, à 3, 6 et 12 mois (Tableaux 2 et 3). Les meilleures performances ont été réalisées par les veaux nés entre juillet et octobre qui ont pesé 0,8 kg à la naissance, 8,2 kg à 3 mois et 7,5 kg à 12 mois de plus que ceux nés entre novembre et février, et 2,3 kg à la naissance, 1,2 kg à 3 mois et 4,2 kg à 12 mois de plus que ceux nés entre mars et juin. A 6 mois, les veaux nés entre mars et juin sont de 12,1 kg plus lourds que ceux nés entre juillet et octobre et de 20,5 kg de plus que ceux nés entre novembre et février.

Bien que les animaux nés entre juillet et octobre pèsent à 24 mois 10,1 kg et 4,4 kg de plus que ceux nés respectivement entre novembre et février et entre mars et juin, l'effet de la saison de naissance est non significatif ( $P > 0,05$ ) sur le poids à 24 mois. Le poids à 36 mois n'est pas aussi affecté par cet effet, même si les animaux nés entre Juillet et Octobre ont 2,9 kg et 10,5 kg de plus que ceux nés respectivement entre novembre et février et entre mars et juin (Tableau 4).

#### 2.1.5. Effet de l'année de naissance

L'année de naissance du veau a un effet significatif ( $P < 0,001$ ) sur les poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 36 mois (figures 10 et 11). Les meilleures performances sont réalisées par les veaux nés en 1976, 1974, 1977, 1979, 1978 et 1983 avec 19,5 kg, 56 kg, 90 kg, 122,8 kg, 196 kg et 274 kg respectivement pour les poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 36 mois. Les veaux avec de faibles performances sont nés en 1992, 1984, 1984, 1984, 1986 et 1982 14,7 kg, 43,3 kg, 63,7 kg, 78,5 kg, 84 kg et 182 kg respectivement pour les poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 36 mois.

**Tableau 2 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs-types des poids à la naissance et à 3 mois en fonction de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe et de la saison de naissance des veaux de race N'Dama**

Source de variation	Poids à la naissance		Poids à 3 mois	
	Nombre	Moyenne ajustée ± erreur-type	Nombre	Moyenne ajustée ± erreur-type
Age de la mère (année)		***		*
Age ≤ 3	80	16,2 ± 0,48 <sup>a</sup>	58	46,4 ± 1,80 <sup>a</sup>
3 < Age ≤ 4	580	17,0 ± 0,20 <sup>a</sup>	503	48,6 ± 0,56 <sup>ab</sup>
4 < Age ≤ 5	151	18,2 ± 0,33 <sup>b</sup>	116	50,4 ± 1,25 <sup>bc</sup>
5 < Age ≤ 6	147	18,4 ± 0,32 <sup>b</sup>	113	51,7 ± 1,24 <sup>c</sup>
6 < Age ≤ 7	125	17,9 ± 0,33 <sup>b</sup>	99	52,4 ± 1,28 <sup>c</sup>
Age > 7	437	18,3 ± 0,22 <sup>b</sup>	235	51,0 ± 0,93 <sup>c</sup>
Rang de vêlage		*		***
1	321	17,0 ± 0,22 <sup>a</sup>	230	44,6 ± 0,87 <sup>a</sup>
2	288	17,4 ± 0,23 <sup>ab</sup>	242	49,9 ± 0,81 <sup>b</sup>
3	250	17,7 ± 0,25 <sup>bc</sup>	198	50,9 ± 0,89 <sup>bc</sup>
4	217	18,1 ± 0,29 <sup>c</sup>	166	52,9 ± 1,05 <sup>c</sup>
5	176	18,0 ± 0,33 <sup>bc</sup>	133	52,3 ± 1,27 <sup>bc</sup>
6	268	17,7 ± 0,30 <sup>bc</sup>	155	49,9 ± 1,24 <sup>b</sup>
Sexe		***		***
Femelle	763	17,2 ± 0,18 <sup>a</sup>	565	49,0 ± 0,69 <sup>a</sup>
Mâle	757	18,1 ± 0,18 <sup>b</sup>	559	51,2 ± 0,67 <sup>b</sup>
Saison de naissance		***		***
Juillet-octobre	427	18,7 ± 0,21 <sup>a</sup>	354	53,2 ± 0,75 <sup>a</sup>
Novembre-Février	309	17,9 ± 0,23 <sup>b</sup>	274	45,0 ± 0,80 <sup>b</sup>
Mars-Juin	784	16,4 ± 0,19 <sup>c</sup>	496	52,0 ± 0,74 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Les moyennes ajustées d'une même colonne suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

\* P < 0,05

\*\*\* P < 0,001

**Tableau 3 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs- types du poids à 6 mois et 12 mois en fonction de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe et de la saison de naissance des bovins N'Dama**

Source de variation	Poids à 6 mois		Poids à 12 mois	
	Nombre	Moyenne ajustée ± erreur-type	Nombre	Moyenne ajustée ± erreur-type
Age de la mère (année)		NS		NS
Age ≤ 3	53	73,7 ± 2,73	41	100,6 ± 4,00
3 < Age ≤ 4	487	74,9 ± 0,84	416	98,20 ± 1,24
4 < Age ≤ 5	111	74,7 ± 1,88	76	97,90 ± 2,84
5 < Age ≤ 6	105	77,6 ± 1,88	67	100,5 ± 2,89
6 < Age ≤ 7	97	79,2 ± 1,92	71	101,2 ± 2,81
Age > 7	219	79,7 ± 1,40	138	102,8 ± 2,19
Rang de vêlage		***		***
1	217	68,8 ± 1,31 <sup>a</sup>	165	90,32 ± 1,87 <sup>a</sup>
2	232	78,4 ± 1,21 <sup>bc</sup>	187	100,7 ± 1,74 <sup>bc</sup>
3	193	78,2 ± 1,33 <sup>bc</sup>	155	103,0 ± 1,92 <sup>bc</sup>
4	162	80,0 ± 1,56 <sup>b</sup>	125	104,6 ± 2,30 <sup>b</sup>
5	127	79,6 ± 1,91 <sup>b</sup>	88	104,3 ± 2,87 <sup>bc</sup>
6	141	74,7 ± 7,89 <sup>c</sup>	89	98,36 ± 2,93 <sup>c</sup>
Sexe		**		***
Femelle	540	75,2 ± 1,03 <sup>a</sup>	418	95,5 ± 1,50 <sup>a</sup>
Mâle	532	78,1 ± 1,00 <sup>b</sup>	391	104,9 ± 1,51 <sup>b</sup>
Saison de naissance		***		***
Juillet-octobre	341	75,4 ± 1,12 <sup>a</sup>	253	104,1 ± 1,66 <sup>a</sup>
Novembre-Février	254	67,0 ± 1,22 <sup>b</sup>	202	96,6 ± 1,79 <sup>b</sup>
Mars-Juin	477	87,5 ± 1,11 <sup>c</sup>	354	99,9 ± 1,65 <sup>b</sup>

<sup>a,b,c</sup> Les moyennes ajustées d'une même colonne suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

NS P > 0,05

\*\* P < 0,01

\*\*\* P < 0,001

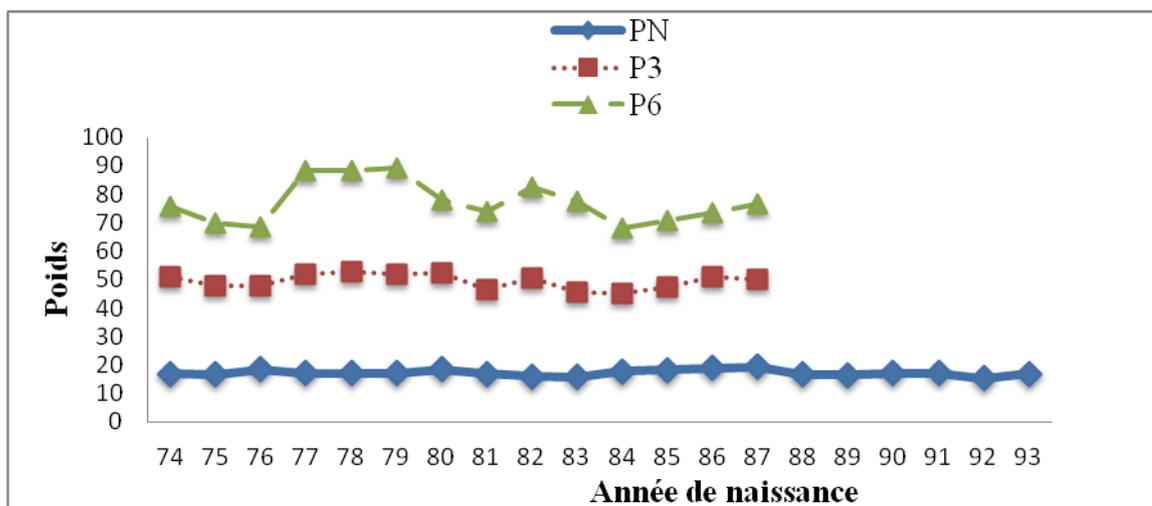
**Tableau 4 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs- types du poids à 24 mois et 36 mois en fonction de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe et de la saison de naissance des bovins N'Dama**

Source de variation	Poids à 24 mois		Poids à 36 mois	
	Nombre	Moyenne ajustée $\pm$ erreur-type	Nombre	Moyenne ajustée $\pm$ erreur-type
Age de la mère (année)		NS		NS
Age $\leq$ 3	27	167,4 $\pm$ 9,36	12	230,9 $\pm$ 14,8
3 < Age $\leq$ 4	335	162,2 $\pm$ 3,85	208	236,3 $\pm$ 7,41
4 < Age $\leq$ 5	43	157,8 $\pm$ 7,27	20	232,2 $\pm$ 12,0
5 < Age $\leq$ 6	36	154,1 $\pm$ 7,49	12	228,7 $\pm$ 13,5
6 < Age $\leq$ 7	31	161,3 $\pm$ 7,84	7	214,1 $\pm$ 16,3
Age > 7	37	150,0 $\pm$ 6,76	8	222,0 $\pm$ 20,2
Rang de vêlage		***		NS
1	120	143,3 $\pm$ 4,62 <sup>a</sup>	78	217,6 $\pm$ 7,20
2	132	162,9 $\pm$ 4,47 <sup>b</sup>	73	226,2 $\pm$ 6,73
3	99	163,1 $\pm$ 4,94 <sup>b</sup>	54	229,5 $\pm$ 7,92
4	83	167,8 $\pm$ 5,83 <sup>b</sup>	32	234,0 $\pm$ 9,59
5	39	168,9 $\pm$ 7,74 <sup>b</sup>	17	226,3 $\pm$ 12,2
6	36	146,6 $\pm$ 7,93 <sup>a</sup>	13	230,5 $\pm$ 14,3
Sexe		***		***
Femelle	279	146,6 $\pm$ 4,21 <sup>a</sup>	186	205,2 $\pm$ 7,00 <sup>a</sup>
Mâle	230	170,9 $\pm$ 4,24 <sup>b</sup>	81	249,5 $\pm$ 7,76 <sup>b</sup>
Saison de naissance		NS		NS
Juillet-octobre	162	163,6 $\pm$ 4,52	82	231,8 $\pm$ 7,55
Novembre-Février	116	153,5 $\pm$ 4,84	69	228,9 $\pm$ 7,95
Mars-Juin	231	159,2 $\pm$ 4,46	116	221,3 $\pm$ 7,79

<sup>a,b</sup> Les moyennes ajustées d'une même colonne suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

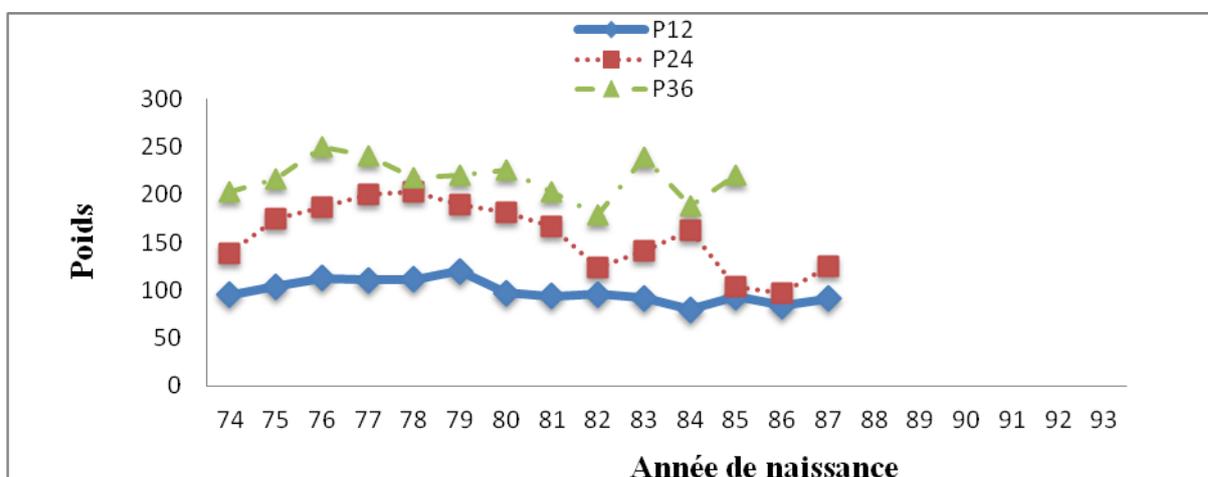
NS  $P > 0,05$

\*\*\*  $P < 0,001$



**Figure 10 : Effet de l'année de naissance sur les poids à la naissance, 3 mois et 6 mois des veaux de race N'Dama**

PN= Poids à la naissance, P3= poids à 3 mois, P6= Poids à 6 mois.



**Figure 11 : Effet de l'année de naissance sur les poids à 12, 24 et 36 mois des veaux de race N'Dama**

P12= Poids à 12 mois, P24= Poids à 24 mois, P36= Poids à 36 mois.

## **2.2. Effets des facteurs non génétiques sur la vitesse de croissance**

Le modèle final d'analyse de la variance des vitesses de croissance comporte des effets fixes de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe, de la saison et de l'année de naissance de naissance du veau. Les interactions entre les différents facteurs de l'environnement ne sont pas étudiées. Ces facteurs contribuent à hauteur de 40,7% et 30,5% de la variation totale des GMQ de la naissance à 6 mois et de 6 mois à 12 mois respectivement.

L'âge de la mère n'a pas d'effet significatif sur les GMQ0-6 et GMQ6-12. Toutefois, les veaux issus des vaches âgées de plus 7 ans ont un GMQ0-6 de 5,7 g/j, 21,8 g/j, 28,7 g/j, 18,6 g/j et 3,8 g/j de plus que celui des veaux produits par les mères âgées respectivement de moins de 3 ans, entre 3 et 4 ans, entre 4 et 5 ans, entre 5 et 6 ans et entre 6 et 7 ans. Entre 6 et 12 mois, les veaux des mères âgées de plus de 7 ans ont la plus grande vitesse de croissance que ceux nés des mères âgées entre 4 et 5 ans. La différence est de 28,7 g/j (Tableau 5).

Le rang de vêlage a des effets significatifs sur les GMQ0-6 et GMQ6-12. Ainsi, les veaux produits par des vaches au 4<sup>ème</sup> rang de vêlage ont un GMQ0-6 le plus élevé car ils ont réalisé 59 g/j de plus que les veaux issus des primipares. Les veaux issus des primipares et des vaches ayant réalisé plus de 7 vêlages ont enregistré les GMQ6-12 les plus faibles de 64,6 g/j et 26,2 g/j de moins que ceux réalisés par les veaux des mères au 3<sup>ème</sup> rang de vêlage, alors que les veaux issus du 5<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> rang de vêlage ont une vitesse de croissance respective de 9 g/j et de 8,1 g/j de plus que celle des veaux issus du 3<sup>ème</sup> rang de vêlage (Tableau 5).

Les GMQ de la naissance à 6 mois et 6 à 12 mois sont affectés par l'effet du sexe du veau. En effet, les veaux mâles ont eu une croissance plus rapide que les veaux femelles. La différence est de 11 g/j entre la naissance et 6 mois et 43 g/j entre 6 et 12 mois.

La saison de naissance a une influence significative sur les GMQ0-6 ( $P < 0,01$ ) et GMQ6-12 ( $P < 0,001$ ). Le GMQ0-6 le plus élevé a été réalisé par les veaux nés entre mars et juin. Il est de 80,3 g/j et 93 g/j supérieur que celui des veaux nés respectivement entre juillet et octobre et novembre et février. Alors que pour le GMQ6-12, ce sont les veaux nés entre juillet et octobre ont réalisé 36,9 g/j et 15,4 g/j de plus que les veaux nés respectivement entre novembre et février et entre mars et juin.

## **2.3. Effets des facteurs non génétiques sur les caractères de reproduction**

Le modèle d'analyse de la variance de l'intervalle vêlage-vêlage comporte des effets fixes de l'âge de la vache, du rang de vêlage et de la saison de vêlage, alors que celui de l'âge au premier vêlage inclut seulement la saison de naissance de la vache. Les interactions entre les

différents facteurs de l'environnement ne sont pas étudiées. Ces facteurs contribuent à 20,1% de la variation totale l'intervalle vêlage-vêlage et 56,9% de la variation totale de l'âge au premier vêlage.

L'âge de la vache a un effet significatif sur l'intervalle vêlage-vêlage ( $P < 0,001$ ). Plus la vache est âgée plus ses vêlages sont espacés. En effet, les vaches âgées de plus de 7 ans ont un intervalle vêlage - vêlage plus long de 10 mois que celui des vaches âgées entre 3 et 4 ans et de 2 mois que celui des vaches âgées entre 6 et 7 ans (Tableau 6).

Le rang de vêlage influence l'intervalle vêlage-vêlage. Les vaches qui sont au 6<sup>ème</sup> rang de vêlage ont enregistré l'intervalle vêlage-vêlage le plus court. Elles ont un intervalle vêlage - vêlage plus court de 9,2 mois et de 15 jours que celui des vaches respectivement au 2<sup>ème</sup> rang et au 5<sup>ème</sup> rang vêlage (Tableau 6).

L'intervalle vêlage - vêlage est aussi affecté par la saison de vêlage de la vache. Les vaches qui ont vêlé entre aux mois de novembre et février ont un intervalle vêlage - vêlage de 18 jours et de 30 jours plus long que celui des vaches qui ont vêlé respectivement entre juillet et octobre et mars et juin (Tableau 6).

**Tableau 5 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs-types des GMQ0-6 et GMQ6-12 en fonction de l'âge de la mère, du rang de vêlage, du sexe et de la saison de naissance des veaux de race N'Dama**

Source de variation	GMQ 0-6		GMQ 6-12	
	Nombre	Moyenne ajustée ± erreur-type	Nombre	Moyenne ajustée ± erreur-type
Age de la mère (année)		NS		NS
Age ≤ 3	53	317,0 ± 14,6	41	466,4 ± 22,2
3 < Age ≤ 4	483	319,2 ± 4,52	415	450,3 ± 6,87
4 < Age ≤ 5	107	310,3 ± 10,2	76	443,4 ± 15,7
5 < Age ≤ 6	101	324,6 ± 10,2	67	453,5 ± 16,0
6 < Age ≤ 7	91	334,5 ± 10,5	71	468,2 ± 15,6
Age > 7	209	336,6 ± 7,62	137	472,1 ± 12,1
Rang de vêlage		***		***
1	216	282,8 ± 7,03 <sup>a</sup>	165	408,3 ± 10,4 <sup>a</sup>
2	228	334,9 ± 6,54 <sup>b</sup>	187	463,1 ± 9,67 <sup>bc</sup>
3	187	333,5 ± 7,20 <sup>b</sup>	155	472,9 ± 10,6 <sup>bc</sup>
4	158	341,8 ± 8,45 <sup>b</sup>	125	481,0 ± 12,7 <sup>b</sup>
5	122	338,8 ± 10,3 <sup>b</sup>	87	481,9 ± 15,9 <sup>b</sup>
6	133	310,2 ± 10,2 <sup>c</sup>	88	446,7 ± 16,3 <sup>c</sup>
Sexe		*		***
Femelle	520	318,2 ± 5,59 <sup>a</sup>	416	437,2 ± 8,33 <sup>a</sup>
Mâle	524	329,1 ± 5,39 <sup>b</sup>	391	480,7 ± 8,37 <sup>b</sup>
Saison de naissance		***		**
Juillet-octobre	326	310,5 ± 6,06 <sup>a</sup>	252	476,4 ± 9,21 <sup>a</sup>
Novembre-Février	245	297,8 ± 6,62 <sup>b</sup>	202	439,5 ± 9,92 <sup>b</sup>
Mars-Juin	473	390,8 ± 5,94 <sup>c</sup>	353	461,0 ± 9,14 <sup>a</sup>

<sup>a,b,c</sup> Les moyennes ajustées d'une même colonne suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

NS P>0,05

\* P<0,05

\*\* P<0,01

\*\*\* P<0,001

**Tableau 6 : Nombre d'observations, moyennes ajustées et erreurs-types des intervalles vêlage-vêlage en fonction de l'âge de la vache, du rang de vêlage, et de la saison de vêlage des vaches de race N'Dama**

Sources de variation	Nombre	Moyenne $\pm$ erreur Ajustée type
Age de la vache (année)		***
3<Age $\leq$ 4	33	9,20 $\pm$ 1,27 <sup>a</sup>
4<Age $\leq$ 5	96	11,5 $\pm$ 0,91 <sup>b</sup>
5<Age $\leq$ 6	158	14,2 $\pm$ 0,72 <sup>c</sup>
6<Age $\leq$ 7	152	16,0 $\pm$ 0,66 <sup>d</sup>
Age>7	664	20,0 $\pm$ 0,52 <sup>e</sup>
Rang de vêlage		***
2	241	19,8 $\pm$ 0,54 <sup>a</sup>
3	220	16,0 $\pm$ 0,62 <sup>b</sup>
4	185	12,5 $\pm$ 0,76 <sup>c</sup>
5	164	11,1 $\pm$ 0,83 <sup>d</sup>
6	293	10,6 $\pm$ 0,76 <sup>d</sup>
Saison vêlage		*
Juillet-octobre	325	14,0 $\pm$ 0,60 <sup>ab</sup>
Novembre-Février	213	14,6 $\pm$ 0,65 <sup>a</sup>
Mars-Juin	565	13,4 $\pm$ 0,56 <sup>b</sup>

a,b,c,d,e les moyennes ajustées d'une même colonne suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

NS  $P > 0,05$

\*  $P < 0,05$

\*\*\*  $P < 0,001$

### **3. Coefficients de correction des effets de l'environnement**

Les coefficients de correction additive et multiplicative des facteurs de variation non génétiques pour les poids à la naissance à 3, 6, 12, 24 et 36 mois, les GMQ0-6 et GMQ6-12, et les caractères de reproduction (intervalle vêlage - vêlage et âge au 1<sup>er</sup> vêlage) sont rapportés dans les tableaux 7 et 8. La classe d'âge supérieur à 7 ans pour l'âge de la mère, le rang de vêlage supérieur à 6 pour le rang de vêlage, les femelles pour le sexe du veau et la période mars à juin pour la saison de naissance (ou vêlage de la vache) sont les classes de référence retenues. Ainsi, les coefficients de correction additive de l'effet âge de la mère pour le poids à 3 mois sont de 0,00, -1,42, -0,74, 0,60, 2,40 et 4,62 pour les classes d'âge :  $\text{Age} > 7$ ,  $6 < \text{Age} \leq 7$ ,  $5 < \text{Age} \leq 6$ ,  $4 < \text{Age} \leq 5$ ,  $3 < \text{Age} \leq 4$ , et  $\text{Age} \leq 3$  ans. Pour le facteur rang de vêlage, les coefficients de correction additive pour le poids à 12 mois sont de 0,00, -5,92, -6,21, -4,71, -2,38 et 8,04 pour les rangs de vêlage 6, 5, 4, 3, 2 et 1.

Les coefficients de correction multiplicative de l'effet sexe sur le poids à 36 mois sont de 1,00 et 1,21 respectivement pour les mâles et les femelles. Les coefficients de correction multiplicative de l'effet saison de naissance sur le poids à 12 mois sont de 1,00, 1,03 et 0,96 respectivement pour les saisons de naissance : mars-juin, novembre-février et juillet-octobre.

**Tableau 7 : Coefficients de correction additive pour les facteurs de milieu des poids à la naissance, à 3, 6, 12, à 24, et à 36 mois, des GMQ de la naissance à 6mois et 6 à 12 mois, l'âge au premier vêlage et de l'intervalle vêlage-vêlage**

Facteur de variation	Poids à la naissance	Poids à 3 mois	Poids à 6 mois	Poids à 12 mois	Poids à 24 mois	Poids à 36 mois	GMQ0-6	GMQ6-12	IVV
<b>Age de la mère (année)</b>									
Age ≤ 3	2,13	4,62							
3 < Age ≤ 4	1,34	2,40							11,8
4 < Age ≤ 5	0,10	0,60	Non significatif	8,48					
5 < Age ≤ 6	0,07	-0,74							5,83
6 < Age ≤ 7	0,39	-1,42							4,03
Age > 7	0,00	0,00							0,00
<b>Rang de vêlage</b>									
1	0,75	5,28	5,90	8,04	3,35		27,4	38,3	
2	0,30	-0,06	-3,70	-2,38	-16,3		-24,6	-16,4	-9,16
3	-0,01	-1,04	-3,50	-4,71	-16,5	Non significatif	-23,2	-26,2	-5,44
4	-0,42	-3,00	-5,30	-6,21	-21,3		-31,6	-34,4	-1,88
5	-0,30	-2,40	-4,9	-5,92	-22,3		-28,6	-35,2	-0,55
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
<b>Sexe</b>									
Femelle	0,91	2,19	2,96	9,40	24,3	44,3	10,9	43,5	
Mâle	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>Saison de naissance)</b>									
Juillet-oct.	-2,34	-1,20	12,01	-4,18	Non significatif	Non significatif	80,3	-15,4	-0,56
Nov.- Fév.	-1,49	7,03	20,45	3,33			121	21,5	-1,24
Mars-Juin	0,00	0,00	0,00	0,00			0,00	0,00	0,00

**Tableau 8 : Coefficients de correction multiplicative pour les facteurs de milieu des poids à la naissance, à 3, 6, 12, à 24, et à 36 mois, des GMQ de la naissance à 6mois et 6 à 12 mois, l'âge au premier vêlage et de l'intervalle vêlage-vêlage**

Facteur de variation	Poids à la naissance	Poids à 3 mois	Poids à 6 mois	Poids à 12 mois	Poids à 24 mois	Poids à 36 mois	GMQ0-6	GMQ6-12	IVV
<b>Age de la mère (année)</b>									
Age ≤ 3	1,13	1,10							
3 < Age ≤ 4	1,07	1,05							2,17
4 < Age ≤ 5	1,00	1,01	Non significatif	1,74					
5 < Age ≤ 6	0,99	0,99							1,41
6 < Age ≤ 7	1,02	0,99							1,25
Age > 7	1,00	1,00							1,00
<b>Rang de vêlage</b>									
1	1,04	1,12	1,08	1,09	1,02		1,10	1,09	
2	1,02	1	0,95	0,96	0,9		0,93	0,96	0,53
3	1	0,98	0,95	0,92	0,9	Non significatif	0,93	0,94	0,56
4	0,98	0,94	0,93	0,92	0,87		0,91	0,93	0,85
5	0,98	0,95	0,94	0,93	0,87		0,91	0,93	0,95
6	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00
<b>Sexe</b>									
Femelle	1,05	1,04	1,04	1,10	1,10	1,21	1,03	1,10	
Mâle	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<b>Saison de naissance</b>									
Juillet-oct.	0,88	0,98	1,16	0,96	Non significatif	Non significatif	1,25	0,97	0,96
Nov.- Fév.	0,92	1,15	1,30	1,03			1,31	1,05	0,92
Mars-Juin	1,00	1,00	1,00	1,00			1,00	1,00	1,00

#### **4. Estimation des paramètres génétiques et phénotypiques**

Le nombre d'animaux utilisés pour l'estimation des paramètres génétiques des caractères de croissance diffère d'un caractère à l'autre. Il est de 1653, 1249, 1198, 933, 629 et 376 animaux respectivement pour les poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 36 mois et il est de 1170 et 930 animaux respectivement pour le GMQ0-6 et le GMQ6-12. Les composantes de la variance et les paramètres génétiques des poids et des GMQ sont rapportées dans le tableau 9.

##### **4.1. Héritabilités des caractères de croissance**

Les héritabilités des effets génétiques directs des poids des veaux de race N'Dama varient de 0 à 0,12. La plus faible héritabilité a été enregistrée pour le poids à 24 mois et la plus élevée pour le poids à 6 mois. Les héritabilités des effets génétiques directs des vitesses de croissance sont dans le même ordre que celles des poids. Celle du GMQ0-6 est de 0,07 et celle du GMQ 6-12 est de 0,01.

Les héritabilités des effets maternels des poids et des GMQ sont dans le même ordre que les héritabilités des effets directs. Elles varient de 0,03 pour le poids à 24 mois à 0,13 pour le poids à 12 mois. En revanche, les héritabilités des effets maternels des GMQ sont plus élevées que les héritabilités des effets directs correspondantes. Par ailleurs, pour les deux types d'héritabilité, il n'y a pas une évolution claire avec l'âge.

La corrélation entre les effets génétiques directs et maternels des performances de croissance sont anormalement très faibles ou anormalement très élevées. Pour certains caractères, elle est négative et faible à moyenne.

##### **4.2. Corrélations entre les caractères de croissance**

Les corrélations génétiques directes entre les caractères de croissance des veaux de race N'Dama sont positives et moyennes à élevées. Elles varient de 0,25 entre le poids à la naissance et le poids à 12 mois à 0,73 entre le poids à la naissance et le poids à 6 mois. De même, la corrélation génétique entre le GMQ0-6 et le GMQ6-12 est très élevée et égale à 0,98. Les corrélations génétiques entre les poids et les GMQ sont dans le même ordre que les autres et varient de 0,25 à 1 (Tableau 10).

Les corrélations génétiques maternelles sont très élevées. Elles sont toutes supérieures à 0,5, sauf celles entre le poids à 6 mois et le GMQ0-6 et entre le poids à 12 mois et le GMQ0-6 qui sont respectivement de 0,43 et 0,03.

La corrélation phénotypique varie de 0,05 entre le poids à la naissance et le GMQ6-12 à 0,94 entre le poids à 12 mois et GMQ0-6. Elle est 0,14 entre le poids à la naissance et le poids à 12 mois, 0,31 entre le poids à 6 mois et le poids à 12 mois et 0,70 entre le poids à 3 mois et le poids à 6 mois. Ces corrélations phénotypiques sont toutes positives (Tableau 10).

**Tableau 9 : Composantes de la variance, de la covariance et héritabilités des caractères de croissance des bovins de race N'Dama**

Paramètres	Poids à la naissance	Poids à 3 mois	Poids à 6 mois	Poids à 12 mois	Poids à 24 mois	Poids à 36 mois	GMQ 0-6	GMQ 6-12
Nombre d'animaux	1653	1249	1198	933	629	376	1170	930
$\sigma^2_p$	10,49	114,84	248,58	1689,04	1325,15	1335,94	6991,14	50348,75
$\sigma^2_d$	0,70	5,66	28,9	0,64	16,2	119,4	517,9	503,5
$\sigma^2_m$	0,49	9,67	25,7	224,3	41,2	69,2	685,0	8834,3
$\sigma^2_{ep}$	$0,6 \times 10^{-4}$	12,2	41,1	$0,124 \times 10^{-3}$	63,2	$0,972 \times 10^{-3}$	900,1	0,15
$\sigma^2_e$	8,70	88,1	165,5	1476,1	1178,5	1056,4	5199,2	41010,1
Cov (a,m)	0,59	-0,68	-12,5	-12,0	25,8	90,9	-311,9	-2109,0
$h^2_d$	0,07	0,05	0,12	0,00	0,01	0,09	0,07	0,01
$h^2_m$	0,05	0,08	0,10	0,13	0,03	0,05	0,10	0,17
$r_{d-m}$	1,00	-0,09	-0,46	-1,00	1,00	1,00	-0,52	-1,00

$\sigma^2_p$  : variance phénotypique,  $\sigma^2_d$  : variance des effets génétiques directs ;  $\sigma^2_m$  : variance des effets génétiques maternels ;  $\sigma^2_{ep}$  : variance de l'environnement maternel permanent ;  $\sigma^2_e$  : variance résiduelle ; cov (a,m) : covariance entre les effets génétiques directs et maternels ;  $h^2_d$  héritabilité directe ;  $h^2_m$  : héritabilité maternelle ;  $r_{d-m}$  : corrélation entre les effets génétiques directs et maternels .

**Tableau 10 : Corrélations génétiques directes (en-dessous de la diagonale), corrélations phénotypiques (au-dessus de la diagonale) et héritabilités directes, calculées comme la moyenne arithmétique des héritabilités directes obtenues à partir des analyses à deux variables**

Caractères	PN	P3	P6	P12	GMG0-6	GMQ6-12
PN	<b>0,03</b>	0,39	0,31	0,14	0,11	0,05
P3	0,56	<b>0,05</b>	0,70	0,22	0,65	
P6	0,73	0,53	<b>0,12</b>	0,31	0,92	0,30
P12	0,25	0,69	0,65	<b>0,01</b>	0,94	0,30
GMQ0-6	0,84	0,31	0,41	0,33	<b>0,10</b>	
GMQ6-12	0,25	1,00	0,77	0,33	0,98	<b>0,04</b>

PN : Poids à la naissance ; P3 : Poids à 3 mois ; P6 : Poids à 6 mois ; P12 : Poids à 12 mois ; GMQ0-6 : Gain Moyen Quotidien de la naissance à 6 mois ; GMQ6-12 : Gain Moyen Quotidien de 6 à 12 mois.

**Tableau 11 : Corrélations génétiques maternelles et héritabilités maternelles, calculées comme moyennes des héritabilités maternelles obtenues à partir des analyses à 2 variables, des performances de croissance des veaux de race N'Dama**

Caractères	PN	P3	P6	P12	GMG0-6	GMQ6-12
PN	<b>0,06</b>					
P3	0,79	<b>0,08</b>				
P6	0,78	0,72	<b>0,12</b>			
P12	0,91	0,93	0,95	<b>0,11</b>		
GMG0-6	0,77	0,70	0,43	0,03	<b>0,12</b>	
GMQ6-12	0,60	0,96	0,87	0,85	0,73	<b>0,10</b>

PN : Poids à la naissance ; P3 : Poids à 3 mois ; P6 : Poids à 6 mois ; P12 : Poids à 12 mois ; GMQ0-6 : Gain Moyen Quotidien de la naissance à 6 mois ; GMQ6-12 : Gain Moyen Quotidien de 6 à 12 mois.

## 5. Evaluation génétique et estimation du progrès génétique annuel

### 5.1. Evaluation génétique

Les valeurs génétiques additives des bovins de races N'Dama du CRZ de Kolda ont été estimées pour les poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 36 mois et pour les GMQ0-6 et GMQ6-12. Les animaux sont constitués des veaux nés entre 1974 et 1993, de leurs mères et de leurs pères.

#### 5.1.1. Valeurs génétiques additives

La moyenne des valeurs génétiques additives des animaux pour le poids à la naissance est de -0,087 kg, avec un écart-type de 0,380 kg (Tableau 12). L'étude de l'évolution des valeurs génétiques additives moyennes en fonction de l'année de naissance montre l'absence d'une grande variation d'une année à l'autre, sauf entre 1974 et 1976 où des valeurs faibles sont observées. Les veaux nés en 1993 ont une moyenne élevée des valeurs génétiques directes (Figure 12).

La moyenne de la valeur génétique additive des animaux pour le poids à 3 mois est 0,141 kg avec un écart-type de 0,785 kg (Tableau 12). Cette valeur varie de -0,24 kg à 2,55 kg. L'évolution annuelle indique que le niveau génétique des animaux nés en 1974 a été faible, alors que l'année 1983 correspond au pic du niveau génétique des veaux (Figure 12).

La moyenne des index des effets génétiques directs des animaux pour le poids à 6 mois est de 1,22 kg avec un écart-type de 1,97 kg (Tableau 12). La valeur des index varie de -6,49 à 7,22 kg. Les veaux nés en 1974 ont réalisé des index génétiques directs faibles, alors que ceux nés en 1980 ont réalisé la meilleure valeur génétique (Figure 13).

La moyenne de la valeur génétique additive des animaux pour le poids à 12 mois est de 0,04 kg avec écart type de 0,24 kg. Cette valeur varie de -2,76 à 0,58 kg (Tableau 12). L'évolution annuelle des valeurs génétiques montre l'absence des fluctuations importantes d'une année à l'autre (Figure 13).

Le niveau génétique des animaux pour le poids à 24 mois varie -3,85 et 4,25 kg avec une moyenne de -0,13 kg et un écart type de 1,37 kg (Tableau 12). Le niveau génétique des animaux est passé de son plus bas niveau en 1974 à son plus haut niveau en 1985, soit une augmentation de 1,71 kg (Figure 14).

La moyenne des index directs des animaux pour le poids à 36 mois varie de -15,03 à 16,44 kg, avec une moyenne de -0,40 kg et un écart type de 5,22 kg (Tableau 12). D'une valeur

génétique faible de -1,08 kg pour les animaux nés en 1974, le niveau génétique est passé à 6,23 kg pour les animaux en 1985 (Figure 14).

Les moyennes des valeurs génétiques des GMQ0-6 et GMQ6-12 sont respectivement de 4,51 g et 1,03 g avec des écarts types respectifs de 22,3 et 80,7 g (Tableau 12).

### 5.1.2. Valeurs génétiques maternelles

Les moyennes des index génétiques des effets maternels moyens pour les poids et les GMQ sont toutes négatives, sauf l'index génétique maternel du poids à 3 mois (Tableau 13).

La moyenne des index génétiques maternels du poids à la naissance est de -0,07 kg avec un écart type de 0,32 kg. Ces index varient de -1,23 kg à 0,94 kg. Les veaux nés en 1974 ont la plus faible valeur génétique maternelle, alors que ceux né en 1993 ont la valeur génétique maternelle la plus élevée.

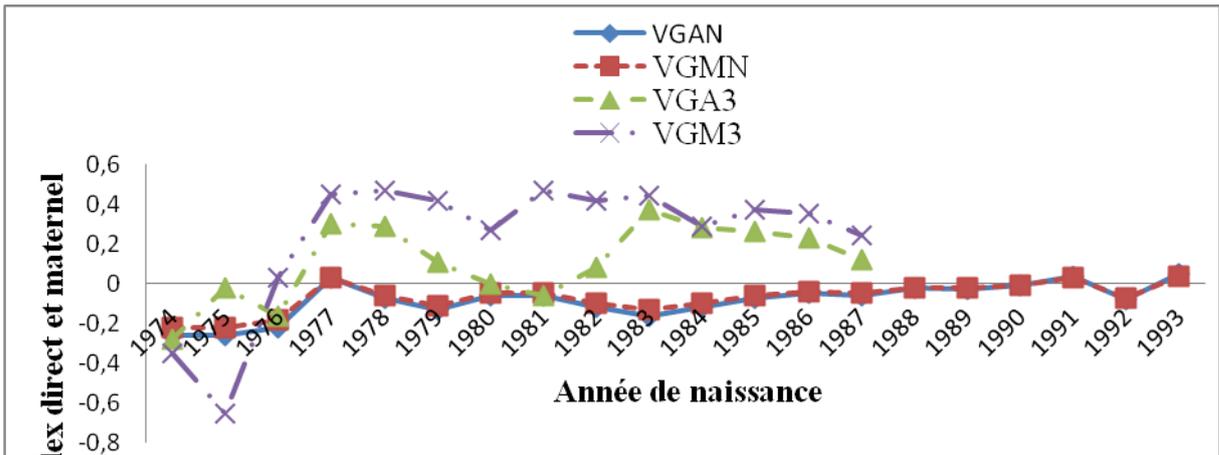
La valeur génétique des effets maternels moyenne est de 0,31 kg pour le poids à 3 mois et de -0,89 kg pour le poids à 6 mois avec des écarts types respectifs de 1,12 kg et 1,63 kg. La moyenne des index génétiques maternels la plus élevée pour le poids à 3 mois est enregistrée chez les veaux nés en 1983. Les index génétiques maternels des poids à 12, 24 et 36 mois sont respectivement -0,775 kg, -0,216 kg et -0,302 kg. Pour les poids à 24 et 36 mois, les veaux nés en 1985 ont bénéficié des effets maternels les plus favorables.

Les moyennes des index génétiques des effets maternels pour les GMQ 0-6 et 6-12 mois sont respectivement de -3,662 g et -4,314 g. Elles ont varié de -36,095 à 29,041 g pour le GMQ0-6 et de -71,247 à 337,909 g pour le GMQ6-12.

## 5.2. Progrès génétique

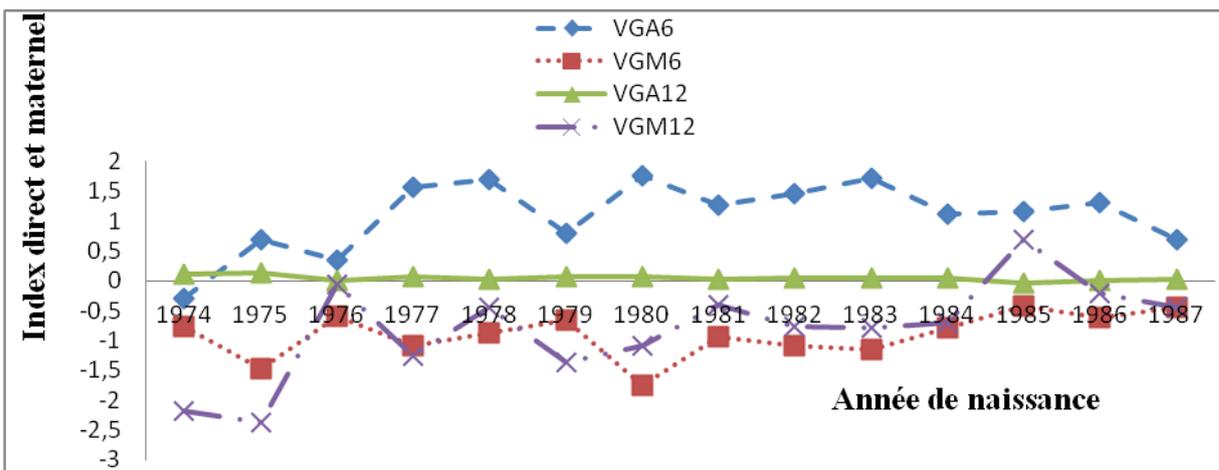
Les gains génétiques annuels pour les caractères de croissance des veaux ont été obtenus en régressant les valeurs génétiques additives des animaux sur l'année de naissance. Le progrès génétique annuel des effets génétiques directs réalisé sur les différents caractères est faible. Les valeurs sont 0,0087 kg/an pour le poids à la naissance, 0,0216 kg/an pour le poids à 3 mois, 0,0231 kg/an pour le poids à 6 mois, -0,0049 kg/an pour le poids à 12 mois, 0,118 kg/an pour le poids à 24 mois, 0,430 kg/an pour le poids à 36 mois, et 0,0844 g/an pour le GMQ0-6 et -0,110 g/an pour le GMQ6-12 (Tableau 14). Cependant, ces progrès génétiques ne sont pas significatifs pour certains caractères (Tableau 14).

Le progrès génétique annuel des effets génétiques maternels varie de 0,0073 kg/an pour le poids à la naissance à 0,33 kg/an pour le poids à 36 mois (Tableau 14).



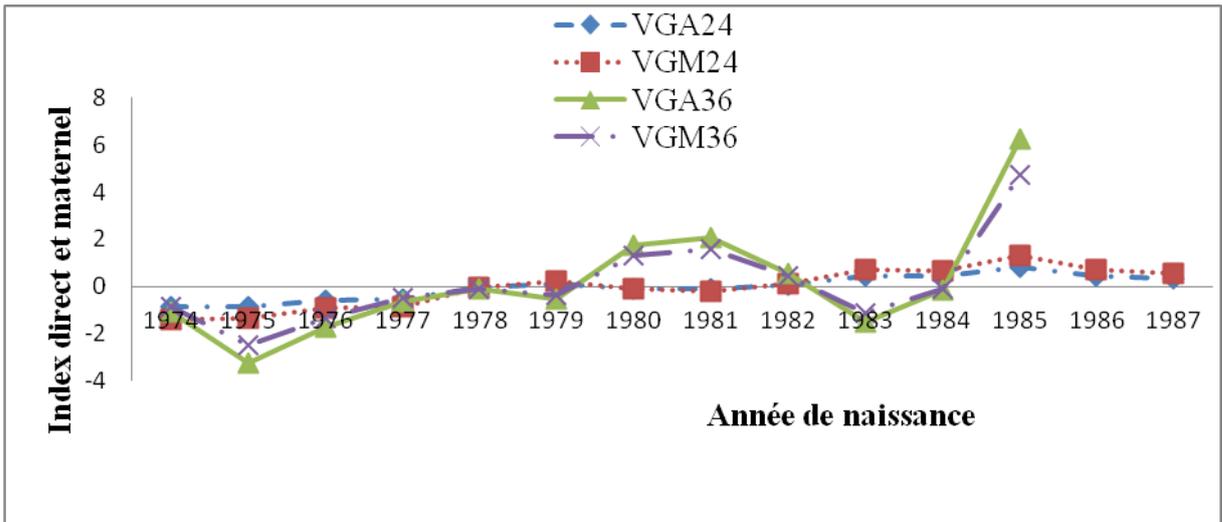
**Figure 12 : Evolution des valeurs des effets génétiques directs et maternels des poids à la naissance et à 3 mois en fonction de l'année de naissance des bovins de race N'Dama**

VGN= valeur génétique additive du poids à la naissance, VGA3= valeur génétique additive du poids à 3 mois, VGMN= valeur génétique maternelle du poids à la naissance, VGM3= valeur génétique maternelle du poids à 3 mois.



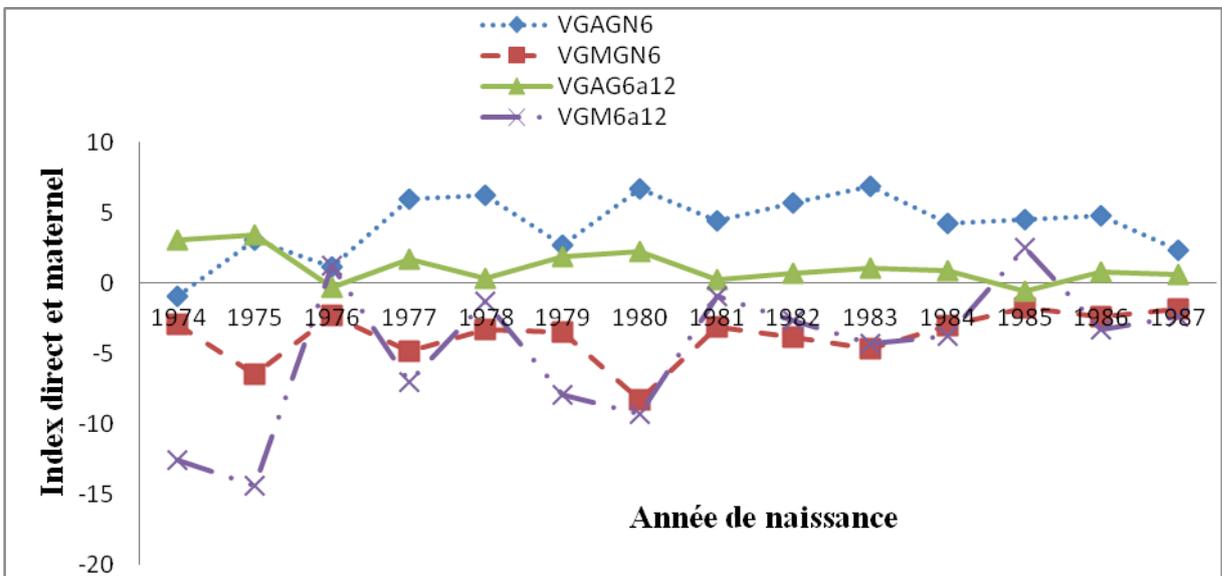
**Figure 13 : Evolution des valeurs des effets génétiques directs et maternels des poids à 6 mois et 12 mois en fonction de l'année de naissance des bovins de race N'Dama**

VGA6= valeur génétique additive du poids à 6 mois, VGA12= valeur génétique additive du poids à 12 mois, VGM6= valeur génétique maternelle du poids à 6 mois, VGM12= valeur génétique maternelle du poids à 12 mois.



**Figure 14 : Evolution des valeurs des effets génétiques directs et maternels des poids à 24 et à 36 mois en fonction de l'année de naissance des bovins de race N'Dama.**

VGA24= valeur génétique additive du poids à 24 mois, VGA36= valeur génétique additive du poids à 36 mois, VGM24= valeur génétique maternelle du poids à 24, VGM36= valeur génétique maternelle du poids à 36 mois.



**Figure 15 : Evolution des valeurs des effets génétiques directs et maternels des GMQ(0-6) et GMQ(6-12) en fonction de l'année de naissance des bovins de race N'Dama**

VGAGN6= valeur génétique additive du GMQ 0-6, VGAG6a12= valeur génétique additive du GMQ 6-12, VGMGN6= valeur génétique maternelle du GMQ 0-6, VGM6a12= valeur génétique maternelle du GMQ 6-12.

**Tableau 12 : Moyennes des index des effets génétiques directs des poids à la naissance, 3, 6, 12, 24 et 26 mois et GMQ0-6 et GMQ6-12 des bovins de race N'Dama**

Caractères	Nombre	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
PN	1526	-0,09	0,38	-1,47	1,12
P3	1125	0,14	0,78	-2,44	2,55
P6	1073	1,21	1,97	-6,49	7,22
P12	809	0,04	0,24	-2,76	0,58
P24	509	-0,13	1,37	-3,84	4,25
P36	267	-0,40	5,22	-15,0	16,4
GMG <sub>N-6</sub>	1044	4,51	6,80	-22,3	24,3
GMQ <sub>6-12</sub>	807	1,03	6,54	-80,7	17,0

PN : Poids à la naissance ; P3 : Poids à 3 mois ; P6 : Poids à 6 mois ; P12 : Poids à 12 mois ; GMQ0-6 : Gain Moyen Quotidien de la naissance à 6 mois ; GMQ6-12 : Gain Moyen Quotidien de 6 à 12 mois.

**Tableau 13 : Moyennes des index génétiques maternels des poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 26 mois et GMQ0-6 et GMQ6-12 des bovins de race N'Dama**

Caractères	Nombre	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
PN	1526	-0,07	0,32	-1,23	0,94
P3	1125	0,31	1,12	-4,49	6,20
P6	1073	-0,89	1,63	-7,14	5,16
P12	809	-0,77	4,51	-10,9	51,5
P24	509	-0,21	2,19	-6,13	6,79
P36	267	-0,30	3,98	-11,4	12,5
GMQ0-6	1044	-3,66	8,25	-36,1	29,0
GMQ6-12	807	-4,31	27,4	-71,2	338

PN : Poids à la naissance ; P3 : Poids à 3 mois ; P6 : Poids à 6 mois ; P12 : Poids à 12 mois ; GMQ0-6 : Gain Moyen Quotidien de la naissance à 6 mois ; GMQ6-12 : Gain Moyen Quotidien de 6 à 12 mois.

**Tableau 14 : Progrès génétiques annuels réalisés sur les poids à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 26 mois et GMQ0-6 et GMQ6-12 des bovins de race N'Dama**

Caractères	Effets génétiques directs	Effets génétiques maternels
PN	0,0087	0,0073
P3	0,0216	0,0237
P6	0,0231	0,0387
P12	-0,0049	0,0913
P24	0,1180	0,1885
P36	0,4297	0,3271
GMQ0-6	0,0844	0,1811
GMQ6-12	-0,1101	0,4613

PN : Poids à la naissance ; P3 : Poids à 3 mois ; P6 : Poids à 6 mois ; P12 : Poids à 12 mois ; GMQ0-6 : Gain Moyen Quotidien de la naissance à 6 mois ; GMQ6-12 : Gain Moyen Quotidien de 6 à 12 mois.

## DISCUSSION

### 1. Moyennes arithmétiques

#### 1.1. Performances de croissance

Le poids à la naissance des veaux de race N'Dama enregistré dans la présente étude est presque similaire à ceux rapportés par Coulomb (1976) et Fall et al. (1982). En revanche, il est supérieur au poids de 14 kg trouvé par Landais (1983) en milieu paysan. De même, il est inférieur à ceux des veaux de race N'Dama du Congo et de la République Démocratique du Congo (Akouango et al., 2010 ; Schmitz 1985) qui sont compris entre 19 et 25 kg. Ces poids de naissance élevés des veaux N'Dama de l'Afrique centrale s'expliqueraient par le fait que ces veaux sont issus des bovins N'Dama importés de l'Afrique de l'Ouest et qui auraient été sélectionnés sur le poids.

Les poids à 6, 12 et 24 mois sont supérieurs à ceux des bovins N'Dama élevé en ferme au Bénin (Youssao et al., 2000) qui sont respectivement de 55,6 kg, 95,9 kg et 158 kg. Néanmoins, les bovins de race N'Dama sénégalaise sont plus lourds à ces âges que ceux du Congo pourtant plus lourds à la naissance (Akouango et al., 2010 ). La différence des poids entre les bovins de race N'Dama des différents pays serait due à l'influence du milieu, de la zone et du climat dans lesquels la N'Dama est élevée (Aboaagye, 2002). Cette différence de poids en faveur des bovins N'Dama de la présente étude serait due à l'environnement dans lequel sévit la race. En effet, ces bovins sont élevés en station et en plus d'une complémentation alimentaire, les veaux sont sevrés tardivement et reçoivent tout le lait maternel jusqu'à l'âge de 6 mois.

La vitesse de croissance de la naissance à 12 mois obtenue dans la présente étude est plus rapide que celles rapportées par Youssao et al. (2000) et Dempfle (1991) qui sont de 215 g/j. Ceci explique la différence de poids à l'âge de 12 mois entre les bovins de race N'Dama du Sénégal et du Bénin. Les performances de croissance enregistrées en Gambie sont issues des élevages de système extensif (Bosso, 2006).

#### 1.2. Performances de reproduction

Les résultats obtenus dans la présente étude montrent une augmentation de l'âge au premier vêlage (APV) par rapport à celui trouvé par Fall et al. (1982) au Sénégal. Cet âge a été de 39,8 mois et a varié entre 33,2 et 47,8 mois. L'APV obtenu dans cette étude montre une maturité tardive par rapport à ceux rapportés par coulomb (1976) en Côte D'ivoire en monte naturelle

et contrôlée, et par Yesso et al. (1991) en station au Bénin et qui sont respectivement de 35,6 mois, 36 mois et 38,5 mois. En revanche, ces génisses sont plus précoces que celles de Gambie avec un APV de 63 mois (Bosso et al., 2009). Ce qui confirme la maturité tardive de la race N'Dama par rapport aux autres races tropicales telles que les races Borgou (Tidori et al., 1975), Liberian Dwarf (Weaver et al., 1987) et Baoulé (Gbangboché et al., 2001). Les résultats de cette étude confirment aussi que la N'Dama réalise son premier vêlage plus tôt que le type génétique Méré du Mali (N'Dama\*zébu Peul). Ce dernier a un âge au premier vêlage qui a varié de 48 à 60 mois chez les éleveurs. Ces différences s'expliqueraient par une maîtrise de la reproduction dans les stations et les fermes que chez les éleveurs, et aussi par le fait que les produits issus du croisement entre la N'Dama et le Gobra ont 50% du sang Gobra qui est considéré plus tardif que la N'Dama.

L'intervalle vêlage-vêlage est proche de celui rapporté par Fall et al. (1982) qui était de 16 mois et 15 jours. En revanche, il est plus long que ceux trouvés au Bénin par Gbangboché et al. (2009) et au Congo par Akouago et al. (2010) qui sont de 14 mois. Par ailleurs, Aboaagye (2002) a trouvé des intervalles vêlage-vêlage plus longs en zone costale au Ghana. Les intervalles plus courts rapportés au Bénin et au Congo ont été observés dans un système de reproduction en monte contrôlée en ferme et en station. Ils seraient donc dus à une maîtrise de la reproduction et à une bonne conduite alimentaire.

## **2. Effets des facteurs de l'environnement**

### **2.1. Effets sur les caractères de croissance**

L'âge de la mère n'a d'influence que sur les poids à la naissance et à 3 mois. Ainsi, plus la vache devient âgée, mieux les performances pondérales de ses veaux à la naissance et à 3 mois s'améliorent. La compétitivité entre la croissance de la jeune mère et celle de son veau évoquée par Boujenane et al. (2004) serait l'explication de cet effet.

L'analyse de la variance a montré que les poids à la naissance, à 3, 6 et 12 mois augmentent avec le rang de vêlage de la mère. Il est de même chez les veaux de race Tidili où l'effet du rang de vêlage est significatif sur les poids à la naissance et à 6 mois (Boujenane et al., 2004). En revanche, le rang de vêlage n'affecte pas les poids des veaux des races Borgou (Adjou Moumouni, 2006) et Oulmès-Zaer (Boujenane et al., 2000). La faiblesse des poids issus des vaches à la première parturition serait due au fait que la mère n'a pas encore terminé sa croissance, et qu'une compétition s'établirait entre celle-ci et son veau.

La supériorité du poids à la naissance des veaux mâles par rapport aux veaux femelles a déjà été confirmée chez les éleveurs par Landais (1983) et en ferme par Akouango et al. (2010). Cette supériorité a été observée aussi chez les bovins des races White Fulani (Olawumi et Salako, 2010), Tidili (Boujenane et al., 2004) et Jersey (Akdag et al., 2011). En outre, il semble d'après les résultats de cette étude qu'à âge égal, les mâles pèsent plus que les femelles. En revanche, il n'y a pas de différence significative entre les poids à la naissance des mâles et des femelles des bovins croisés Ankole\*Frisonne, Ankole\*Brune de Suisse et Ankole\*Sahiwal (Manzi et al., 2012) et entre les poids à 6 mois des mâles et des femelles de race N'Dama (Akouango et al., 2010). La différence de poids entre les deux sexes est fortement liée au poids à la naissance plus lourd chez les mâles, ce qui leur confère un appétit élevé pour consommer plus de lait notamment durant les premiers mois de leur vie, et par conséquent réalisent des gains de poids plus élevés (Hafez, 1952 cité par Kharbouch, 1995)

L'effet significatif de la saison sur les poids à la naissance, à 3, 6 et 12 mois des bovins de race N'Dama trouvé dans cette étude a été également observé chez les veaux de races N'Dama au Mali (Planchenault et al., 1986), Tidili au Maroc (Boujenane et al., 2004) et les croisés Ankole\*Frisone et Ankole\*Brune au Rwanda (Manzi et al., 2012). En revanche, il n'existe pas une différence de poids à la naissance en fonction de la saison de naissance chez les races White Fulani du Nigeria (Olawumi et Salako, 2010) et Jersey (Akdag et al., 2011). Le poids élevé à la naissance et à 3 mois des veaux nés entre juillet et octobre est dû au fait que cette période correspond à la saison des pluies. Les vaches allaitantes profitent des conditions nutritionnelles favorables pour une bonne production laitière et donc pour la croissance de leurs veaux. Les veaux nés entre mars et juin ont réalisé les meilleures performances à l'âge de 6 et 12 mois, car leur saison de naissance a correspondu à la fin de la saison sèche et au début de la saison des pluies, et de ce fait ils ont profité d'au moins 6 mois de pâturage. Sapa et al. (1998) vont dans la même direction en montrant que la quantité de lait consommé par le veau explique 20 à 70% de la variation pondérale avant le sevrage.

Les résultats de cette étude montrent que les poids des veaux à la naissance, à 3, 6, 12, 24 et 36 mois d'âge varient significativement d'une année à l'autre. Ces résultats rejoignent ceux trouvés par Assan et Hyoni (2009) qui ont trouvé que l'année de naissance a un effet significatif sur tous les caractères de croissance des veaux de race Tuli de Zimbabwe. Les variations interannuelles des poids seraient fortement liées aux conditions climatiques et aux changements alimentaires de l'année.

Les faibles variations des GMQ0-6 des veaux selon l'âge de la mère confirment une influence non significative de ce facteur sur le poids à 6 mois. En revanche, le GMQ0-6 est affecté par tous les facteurs de l'environnement. Mais, contrairement aux résultats de la présente étude, Youssao et al. (2000) ont rapporté que le GMQ des femelles durant les six premiers mois est supérieur à celui des mâles, et que c'est à partir de cet âge que les mâles commencent à croître plus rapidement que les femelles. Le rythme de croissance des veaux entre les différents âges étudiés est fonction de leurs saisons de naissance, mais que cet effet devient toutefois négligeable après 1 an (Wagenaar et al., 1988). En effet, l'influence de la saison de naissance devient faible sur les poids à partir de 12 mois. Par ailleurs, l'effet significatif de l'année de vêlage sur la vitesse de croissance a été également rapporté par Azzam et Nielsen (1987).

### 2.1. Effets sur les caractères de reproduction

Les résultats de cette étude indiquant l'absence de l'influence de la saison de naissance de la vache sur son âge au premier vêlage sont en accord avec ceux de Lemka et al. (1973). Mais, ils sont contraires à ceux de Mouslim (1993) chez les croisés Santa Gertrudis\*race locale marocaine et Gbagboché et al. (2011). Ces derniers ont rapporté que l'âge au premier vêlage des génisses N'Dama et Borgou est de 45 mois pour les génisses nées entre décembre et février et de 50 mois pour celles nées entre mars et juin, contre 44 mois trouvés dans la présente étude et à toutes les saisons. Ces différences peuvent être expliquées par le fait que les bovins de la présente étude sont élevés dans une station de recherche et ont bénéficié d'une alimentation favorable pendant les mauvaises saisons, ce qui diminue l'effet de la saison de naissance.

L'influence de l'âge de la vache et du rang de vêlage sur l'intervalle vêlage – vêlage est en accord avec les résultats de Osoro et al. (1992). Ces résultats sont en contradiction avec ceux de Boujenane et al. (2000) qui ont rapporté que le rang de vêlage n'a pas d'influence sur l'intervalle vêlage-vêlage de la vache Oulmès Zaer.

Les résultats de l'étude sont en accord avec ceux de Ounis (1999) et Gbangboché et al. (2011) sur l'influence de la saison de vêlage sur l'intervalle vêlage-vêlage. En revanche, ils ne sont pas conformes avec ceux trouvés par Boujenane (1983) et Mouslim (1993) selon lesquels la saison de vêlage de la vache est sans effet significatif sur l'intervalle vêlage-vêlage. Mais, contrairement à Gbangboché et al. (2011) qui ont rapporté que les vaches qui ont vêlé entre juillet et août ont un intervalle vêlage-vêlage plus court (13 mois et 20 jours) que celui des vaches qui ont mis bas entre novembre et février (saison sèche) (14 mois et 10 jours), les

résultats de la présente étude montrent que les vaches qui ont vêlé entre mars et juin ont un intervalle vêlage – vêlage plus court que celui des qui ont vêlé entre novembre et février. Cela met en évidence l'influence du mode d'élevage sur les performances de reproduction et des conditions nutritionnelles sur la reprise rapide de l'activité ovarienne de la vache. En effet, les vaches qui ont vêlé entre mars et juin correspondant à la fin de la saison sèche et au début de la saison pluvieuse au Sénégal. Elles bénéficient des pâturages favorables, ce qui n'est pas le cas des bovins des autres pays où les saisons favorables correspondent à d'autres mois.

### **3. Paramètres génétiques et phénotypiques**

#### **3.1. Héritabilités des effets directs et maternels**

Les héritabilités directes des différents caractères de croissance sont, en général, plus faibles que celles rapportées dans d'autres études. Ainsi, l'héritabilité du poids à la naissance est presque égale à celle de 0,074 rapportée par Boujenane et al. (2000) chez la race Oulmès Zaer. Toutefois, elle est inférieure aux héritabilités comprises entre 0,11 à 0,61 (Mohiuddin, 1993 ; Dodenhoff et al., 1999 ; Garrick et al., 1988) et à l'héritabilité de 0,45 obtenue chez la N'Dama (Aboagye, 2002) et chez le zébu Gobra (Sow et al., 1988). Même les héritabilités de 0,15 à 0,30 du poids à la naissance des bovins des races Charolais et Limousine, considérées comme faibles (Molinuevo et Vissac 1972), sont supérieures à celles estimées dans cette étude. En revanche, l'héritabilité des poids à 3 et à 6 mois sont presque égales à celles trouvées chez ces races à viande (Molinuevo et Vissac, 1972). L'héritabilité du poids à 36 mois est très inférieure à celle rapporté par Bosso et al. (2002 ; 2009). Par ailleurs Diop et al. (1998) ont rapporté chez le zébu Gobra des héritabilités variant selon le modèle utilisé pour leurs estimations. Ainsi selon ces auteurs, les modèles incluant les effets maternels ou même les effets grands maternels donnent une estimation faible des héritabilités que ceux incluant seulement les effets directs.

D'une manière générale, les héritabilités estimées des caractères de croissance sont toutes inférieures à 0,20, alors qu'elles devraient normalement se situer entre 0,20 et 0,40 ((Mohiuddin, 1993). Cette faiblesse des héritabilités de croissance pourrait être due à l'absence d'une réelle variabilité génétique entre les animaux. En effet, les animaux dont les performances ont fait l'objet de la présente étude sont issus d'un troupeau composé au départ de 123 génisses et de 8 taureaux seulement et, depuis 1974, ce troupeau n'a pas bénéficié d'apport externe de sang nouveau.

En conséquence de l'estimation des ces héritabilités, une sélection sur les caractères poids à 6 mois et GMQ0-6 donnerait de meilleurs résultats qu'une sélection sur les poids à la naissance et/ou à 36 mois. Ils sont aussi plus indiqués qu'une sélection sur les caractères poids à 24 mois ou poids à 12 mois.

Les héritabilités maternelles des poids à la naissance et au sevrage sont les mêmes que celles rapportées par Mohiuddin (1993) et Dodenhoff et al. (1999). En revanche, elles sont différentes de celle rapportée par Cantet et al. (1988). Par ailleurs, l'évolution des héritabilités maternelles en fonction des âges des veaux ne suit pas la même tendance que celles décrites par Mohiuddin (1993) qui a indiqué que l'héritabilité maternelle est plutôt élevée entre la naissance et le sevrage qu'à des âges avancés. Les résultats de cette étude montrent que l'héritabilité maternelle du poids à 12 mois est la plus élevée, alors que son héritabilité directe est nulle.

Avec des héritabilités directe et maternelle moyennes, le poids à 36 mois pourrait être un critère de sélection intéressant dans un schéma de sélection pour l'amélioration génétique des performances de croissance de la race N'Dama.

### 3.2. Corrélations génétiques et phénotypiques

Les corrélations génétiques trouvées entre les différents poids et GMQ sont positives et similaires à celles rapportées par Mackinnon et al. (1991), Devis (1993) et Bosso (2006). En accord avec celles rapportées par Kharbouch (1995), elles sont plutôt faibles entre les poids aux âges types et les vitesses de croissance.

Les corrélations phénotypiques suivent les mêmes tendances évolutives que les corrélations génétiques. La corrélation entre le poids à la naissance et le poids à 12 mois est presque égale à celles rapportées par Olutogun (1976), Fall et al. (1982) et Bosso (2006). En revanche, les corrélations entre le poids à la naissance, à 3 mois et à 6 mois sont inférieures à celles trouvées par ces mêmes auteurs chez les veaux de race N'Dama. De même, les corrélations entre les différents poids sont toutes positives comme celles trouvées entre le poids à la naissance, à 3 mois et à 6 mois chez les bovins Charolais et Limousins (Molinuevo et Vissac, 1972).

Ces corrélations indiquent qu'une sélection sur le poids à la naissance améliorerait les autres poids. Ainsi, il serait économique dans un programme d'amélioration génétique des caractères de croissance des bovins de race N'Dama du CRZ de sélectionner les veaux à un bas âge. Toutefois, d'autres critères de sélection ont été utilisés chez d'autres races pour améliorer les

performances pondérales, tels que la hauteur au garrot et la largeur du bassin des jeunes reproducteurs de race Borgou, pourraient donner les mêmes résultats chez les bovins N'Dama (Youssao et al., 2009).

#### **4. Evaluation génétique et progrès génétique**

Les moyennes des valeurs génétiques pour les différents caractères de croissance des bovins de race N'Dama sont différentes de zéro. Ce qui indique l'existence des relations de parenté entre les animaux de la population étudiée.

L'évolution annuelle des valeurs génétiques indique que les veaux nés durant l'année 1985 ont enregistré la moyenne des valeurs génétiques additives les plus élevées pour les caractères poids à 24 mois et à 36 mois. Ceci semble être dû à l'utilisation des reproducteurs qui sont génétiquement supérieurs des autres années. En outre, les poids à la naissance et à 12 mois n'ont pratiquement pas enregistré de gain génétique annuel, puisque celui réalisé sur le poids à la naissance est supérieur à celui de 0,003 kg rapporté par Ounis (1999) chez la race Oulmès-Zaer. Par ailleurs, les gains génétiques sur les poids à 3, 6 et 36 mois sont appréciables. Néanmoins, ils sont inférieurs à ceux rapportés dans les études de l'ITC (International Trypanotolerance Centre) (2004), de Bosso (2006) et Youssao et al. (2009). En effet, ces gains génétiques sont de 0,06 kg/an pour le poids à la naissance, 0,17 kg/an pour le poids à 12 mois, 0,63 kg/an pour le poids à 36 mois, 0,07 à 0,25 g/j pour le GMQ 15-36 chez d'autres populations N'Dama et 0,28 g/j pour GMQ 0-24 chez le bovin de race Borgou. Chez d'autres races bovines, le gain génétique annuel pour le poids à 3 mois est presque égal à ceux de 0,021 et 0,32 kg/an trouvés respectivement par Zhang et al. (1991) et Hailé-Mariam (1996). Pour le poids à 6 mois, c'est-à-dire au sevrage, le gain réalisé est inférieur à ceux de 0,123 kg/an et de 0,06 à 0,09 kg/an trouvés respectivement par Ounis (1999) chez la race Oulmès-Zaer et Cunningham et Klei (1995) chez la race Simmental.

L'effort de sélection entrepris de 1974 à 1993 a abouti à des progrès génétiques mitigés. Néanmoins, les index génétiques des effets directs ont connu une amélioration significative pour tous les caractères de 1974 à 1993, ce qui pourrait indiquer que si la sélection était concentrée sur les caractères de croissance seulement, les résultats seraient proches de ceux rapportés par l'ITC. En effet, le programme de sélection de ce dernier pour la période 1994-2004 avait comme objectif unique l'augmentation des performances de croissance sous un stress environnemental de trypanosomose (Dempfle, 1993 ; Bosso 2006).

## **Conclusion**

L'analyse génétique des performances zootechniques des bovins de race N'Dama au centre de recherche zootechnique de Kolda a montré que :

Les performances de croissance réalisées des bovins sont généralement supérieures à celles enregistrées par les bovins N'Dama élevés dans d'autres systèmes et/ou dans d'autres pays, alors que les performances de reproduction en sont similaires.

Les facteurs du milieu influencent significativement les caractères de croissance et de reproduction.

Les héritabilités directes et maternelles sont faibles pour les différents caractères de croissance. Les progrès génétiques réalisés sur les différents caractères sont faibles. Ces faibles gains génétiques ont mis en évidence une réponse limitée du programme de sélection des génisses et des taurillons basés sur des critères quantitatifs et la couleur fauve de la robe. Un schéma de sélection plus organisé où les futurs reproducteurs seront sélectionnés dans une grande population et sur la base des valeurs génétiques serait nécessaire.

Dans la seconde partie de cette étude, le schéma actuel mis en œuvre au CRZ de Kolda sera analysé et des stratégies alternatives lui seront comparées afin de l'optimiser. Les paramètres génétiques trouvés dans cette partie serviront comme base de calcul dans les différentes simulations.

**2<sup>ème</sup> Partie : Etude du schéma  
de sélection à noyau ouvert  
des bovins N'Dama**

## Introduction

Dans la zone sud du Sénégal, le bovin de race N'Dama est une race de choix pour la satisfaction de la demande en produits à base de viande et de lait mais aussi de services (énergie pour le transport et la culture attelée). La race n'est pas aussi productive que les races étrangères sous les systèmes de production extensifs dominants, mais possède des attributs importants tels que la tolérance à la chaleur, l'adaptation à des environnements difficiles et sa capacité à survivre avec des régimes alimentaires pauvres (Murray et al., 1991). Plus important encore, la race a développé une capacité à prospérer dans les zones infestées de glossines qui présentent un risque élevé d'infection trypanosomienne. Ces qualités sont nécessaires pour parvenir à une production durable de l'élevage dans les systèmes à faibles intrants.

Dans la mise en œuvre du Projet de Gestion Durable du Bétail Ruminant Endémique (PROGEBE), un nouveau programme d'amélioration génétique a été conçu et mis en œuvre depuis 2009 avec l'appui du PROGEBE. Son objectif est de préserver et d'améliorer génétiquement la race N'Dama afin de satisfaire la demande future du marché. Le programme fonctionne comme un schéma de sélection à noyau ouvert à trois étages (noyau-troupeaux de multiplication-troupeaux commerciaux) (Figure 16). Le noyau comprend un troupeau de 200 femelles et de 4 taureaux (CRZ, 2012).

Une étude sur les possibilités et les contraintes sur la conception de programmes d'élevage dans les pays en développement a été largement développée par Rege et al. (2001). Néanmoins, les difficultés de la mise en œuvre d'un programme complet de reproduction animale pour un objectif déterminé restent récurrentes. En conséquence, plusieurs études pour la conception d'un programme optimal d'amélioration ont été menées. Jaitner et Demple (1998) et Bosso (2006) ont comparé par simulation différents progrès génétiques attendus en fonction des index, de la classe d'âge et de la taille du noyau de sélection de la N'Dama. Cependant, le progrès génétique escompté dépend des contraintes biologiques, qui, avec les paramètres génétiques, déterminent la structure des programmes d'amélioration génétique (Dekkers, 1992).

Le but de cette étude est d'évaluer le schéma de sélection actuel appliqué à la N'Dama et de l'optimiser grâce à une comparaison des stratégies alternatives de sélection, en utilisant les paramètres génétiques obtenus dans la première partie de notre étude.

## **1. Description de la situation actuelle**

### **1.1. Rôle de l'organisation des éleveurs sélectionneurs de la race Ndama**

Dans le cadre de la mise en œuvre du programme de préservation et d'amélioration de la productivité du bovin Ndama, l'ISRA et le PROGEBE ont appuyé la création d'une coopérative d'Éleveurs Sélectionneurs de bovins de race N'Dama. Pour créer un cadre juridique autour du processus d'amélioration génétique et jeter les bases d'un partenariat, l'organisation et le CRZ ont signé un protocole d'accord. Ce protocole porte sur les critères de sélection des vaches des éleveurs et le mode de gestion technique des animaux du programme de sélection. Il définit les obligations de chacune des deux parties. Ainsi les éleveurs de l'organisation s'engagent à:

- Mettre volontairement à la disposition du programme de sélection à noyau ouvert une partie des animaux sélectionnés dans les troupeaux de ses membres en vue de la reconstitution du noyau de sélection élevé au CRZ de Kolda et accepter toutes les exigences liées au protocole technique de sélection ;
- Les vaches des éleveurs à transférer au CRZ de Kolda pour intégrer le noyau de sélection seront identifiées à l'issue d'une opération de dépistage ou sélectionnés parmi les animaux du troupeau par les techniciens du CRZ de Kolda et l'éleveur. Les critères de sélection seront : le type génétique (Ndama), l'âge (entre 3 et 5 ans), la conformation, les performances de production laitière et les capacités d'élevage ;
- Accepter que les animaux déclarés aptes pour intégrer le troupeau de sélection, séjournent au niveau du CRZ de Kolda pour être mises en reproduction avec des géniteurs sélectionnés et pour être soumis à un système de contrôle de performances ;
- Les vaches des éleveurs transférées, ainsi que leurs produits nés de pères connus séjournent dans le noyau durant toute la durée du processus de sélection ;
- Accepter toutes les exigences liées au protocole technique de sélection: gestion technique et contrôle des performances ;
- Accepter de reprendre leurs animaux s'ils ne sont pas reconnus aptes pour la sélection (fin normale de carrière, mauvaises performances de reproduction, de croissance ou de production laitière ...)

## 1.2. Objectifs du schéma de sélection

L'objectif global de la sélection du bovin N'Dama, arrêté par le PROGEBE, est l'amélioration de ses aptitudes laitières et bouchères tout en préservant son adaptabilité, en vue d'améliorer les conditions d'existence des populations d'éleveurs de la zone et de conserver la biodiversité. Cependant, l'objectif principal fixé à ce schéma est l'amélioration de la production de viande. Ainsi, le critère de mesure retenu est le poids à 36 mois qui correspond au poids à l'abattage.

## 1.3. Analyse du noyau de sélection

### 1.3.1. Structure de la population du noyau

Pour atteindre la taille du noyau de sélection optimale souhaitée, les femelles des troupeaux des éleveurs, considérées comme exceptionnelles après un dépistage, sont intégrées dans le noyau. L'ouverture du noyau aux animaux des éleveurs s'est fait par l'introduction des taurillons selon les critères de performances laitières de leurs mères. Ils sont choisis comme géniteurs après testage et évaluation de leurs performances pondérales.

Le flux démographique des animaux du noyau à la date du 31 Mars 2012 est représenté par le tableau 15.

**Tableau 15: Composition du troupeau du noyau de sélection au 31 mars 2012**

Catégories	Animaux nés au CRZ		Animaux des éleveurs		Total noyau	
	Fréquence absolue	%	Fréquence absolue	%	Fréquence absolue	%
Vaches >4 ans	52	49,1	80	46,8	132	47,7
Taureaux >4 ans	06	5,7	00	0,0	06	2,2
Grands taurillons 2-4	09	8,5	01	0,6	10	3,6
Petits taurillons 1-2	10	9,4	01	0,6	11	4,0
Grandes génisses 2-4	09	8,5	52	30,4	61	22,0
Petites génisses 1-2	08	7,5	02	1,2	10	3,6
Veaux 0-1	12	11,3	35	20,5	47	17
Total	106	100	171	100	277	100

### 1.3.2. Identification des animaux

Au CRZ, un système d'identification individuel existe depuis la création du centre. Il repose sur l'identification du veau à sa naissance par le numéro de sa mère durant les premières semaines de sa vie. Après l'âge d'une semaine, le veau est identifié provisoirement à l'aide d'une boucle auriculaire à trois chiffres, puis après le sevrage par un marquage au fer rouge à la cuisse qui représente le numéro d'identification définitif de l'animal.

Les numéros sont attribués suivant l'ordre de naissance et le sexe des animaux. Les numéros attribués aux mâles commencent toujours par un chiffre pair (20, 21, .... 41, 61, 2012, etc.), alors que ceux attribués aux femelles débutent par un chiffre impair (10, 12,.....30, 34,.....1011, 1612, etc.).

Le schéma actuel a adopté un système de boucles avec des numéros à quatre chiffres. Tous les animaux du noyau sont bouclés de la même façon avec un numéro de série selon l'ordre de naissance des animaux, abstraction faite de leur origine, leur année de naissance, leur sexe et leur catégorie (veau, taurillon, génisse, taureau ou vache). Toutefois, les numéros sur les cuisses des animaux du CRZ et les marques d'origine des animaux des éleveurs sont conservés dans les registres à côté du système d'identification actuel.

### 1.3.3. Choix des reproducteurs

Dans le noyau, le choix des reproducteurs est fait par le contrôle des performances. Il s'agit des mesures de la croissance pondérale des veaux et la production laitière des vaches. Mais, puisque le système d'élevage actuel adopté est un système allaitant, le contrôle laitier consiste à traire les vaches une fois par semaine pendant une durée de 3 mois afin de mesurer leur production laitière. Ce contrôle laitier permet d'aider au choix des vaches qui doivent rester dans le noyau pour le renouvellement.

Les animaux sont sélectionnés sur la base de leurs performances de croissance. Le critère qui constitue la base de sélection des taureaux dans le schéma de sélection actuel est le poids à 36 mois (3 ans).

Après le sevrage, les veaux mâles sont tous soumis à une préselection. Leurs poids sont enregistrés chaque mois jusqu'à 24 mois. Les taurillons choisis selon leurs performances de croissance et de conformation sont suivis individuellement et leurs performances sont soigneusement notées par mois jusqu'à l'âge de 36 mois. A cet âge, les 2 meilleurs taureaux sont retenus comme géniteurs dans le noyau et les autres sont distribués aux troupeaux multiplicateurs.

Au niveau de la population de base, le choix des vaches qui doivent intégrer le noyau est fait sur la base de leurs performances laitières, en se basant le plus souvent sur la déclaration de l'éleveur. Toutefois, les techniciens du CRZ effectuent deux passages chez les éleveurs pour contrôler la production laitière de la vache identifiée, combler le manque des données sur le contrôle laitier et enfin s'assurer que cette production est supérieure à la moyenne générale de la zone. Les taurillons des éleveurs sont sélectionnés sur ce même critère de production laitière de leurs mères.

Les autres critères de choix sont principalement :

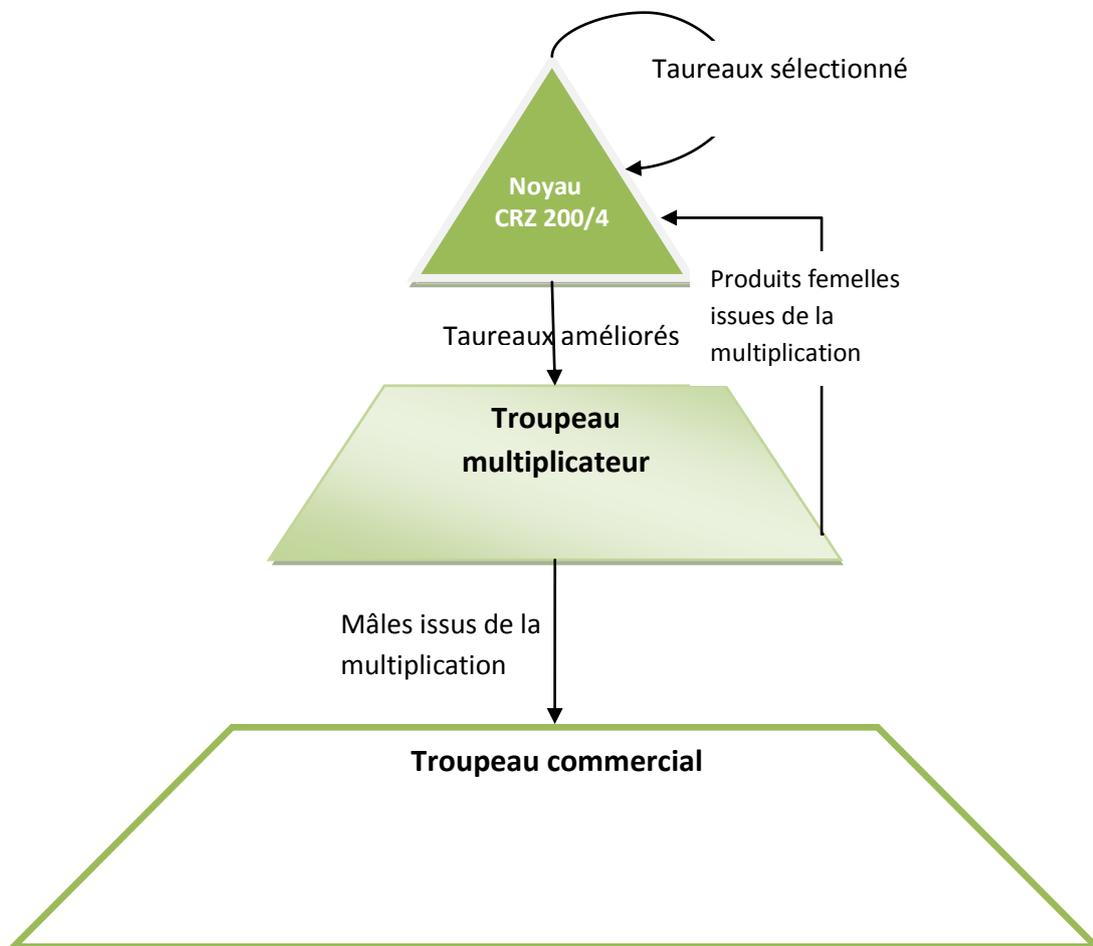
- L'âge : il doit être compris entre 3 et 5 ans. La femelle doit avoir vêlé une fois, ne doit pas être en fin de carrière, et en tout état de cause, elle ne doit pas être âgée de plus de 7 ans ;
- La conformation ;
- Les capacités d'élevage ;

Les organes de reproduction et de production (mamelle...) doivent être fonctionnels.

#### 1.3.4. Evaluation des reproducteurs

L'évaluation a été basée sur les performances des reproducteurs. Après vérification de l'information contenue dans le cahier du troupeau et dans les fiches des techniciens, la saisie informatique des performances est réalisée sous EXCEL. Après les prétraitements souvent nécessaires, les poids aux âges types, les gains moyens quotidiens et la production laitière produite sur une période de référence sont calculés. Les facteurs de l'environnement sont corrigés pour mettre les animaux au même niveau. Ainsi :

- Pour la production laitière, les facteurs de l'environnement qui sont pris en considération sont : le mois du contrôle laitier, l'origine de la vache (2 niveaux : née au CRZ et née externe), la saison de vêlage (2 niveaux : saison sèche et saison d'hivernage) et la covariable stade de lactation (en jours).
- Pour les performances de croissance, seul le facteur de l'environnement tenant compte de l'origine du taurillon (né au centre et né externe) est retenu.
- Pour tenir compte des critères des éleveurs, il est prévu dans le schéma actuel de faire un classement des candidats par un petit groupe d'éleveurs (2 à 3). A l'issue de ce classement par éleveur, un classement final des sujets sera fait sur la base d'une note pondérée intégrant les critères de croissance durant la phase de testage et de morphologie (75%) et ceux des éleveurs (25%).



**Figure 16: Organisation du schéma de sélection actuel du CRZ**

## MATERIEL ET METHODES

### 1. Enquête et stratégie d'échantillonnage

Une enquête a été menée auprès des éleveurs des villages de quatre communautés rurales du département de Kolda. Les éleveurs ont été soumis à un questionnaire pour évaluer leur niveau de participation au programme, leurs objectifs de sélection, la taille de leur troupeau et le niveau d'amélioration souhaité.

- Déroulement

Un échantillonnage par stratification a été utilisé. Toutes les quatre communautés rurales du département ont été prises en considération. Dans chaque communauté, nous avons choisi plus de 5 villages selon les bases de données du CRZ. Dans ces villages, les éleveurs ont été choisis au hasard. Mais, tous les éleveurs d'un village sont enquêtés lorsque leur nombre ne dépasse pas 5. Au total 113 éleveurs de 45 villages ont été enquêtés. Les types de questions posés sont détaillés dans l'annexe.

- Plan d'échantillonnage

Ce plan est conçu sur la base des données du CRZ. Ainsi, l'échantillon est composé comme suit : 27,3% des éleveurs qui ont moins de 50 femelles, 26,5% qui ont entre 51 et 100 femelles et seulement 5,3% qui ont plus de 100 femelles. Dans cet échantillon, 80% des éleveurs élèvent seulement la N'Dama et 20% ont en plus de la N'Dama d'autres types génétiques.

**Tableau 16: Méthodologie d'échantillonnage**

Hierarchie	Taille de l'échantillon par niveau	Méthode d'échantillonnage	Cadre d'échantillonnage
Communauté rurale	Prédéfinie		
Village	Supérieure à 10	Aléatoire	Bases des données du CRZ
Troupeau	Supérieure à 1	Aléatoire si supérieur 5	Bases des données du CRZ
Animal	Tous les animaux en âge de reproduire		

## **1. Objectif et critères de sélection**

Le PROGEBE a pour objectif principal la préservation et l'amélioration de la productivité (viande et lait) du bovin N'Dama dans son environnement naturel sans perdre sa trypanotolérance (CRZ, 2012). L'objectif assigné au schéma de sélection est la production de la viande. Pour cela, le critère retenu est le poids à 36 mois. La production laitière de la mère est aussi un critère pour le choix des taurillons des éleveurs pour le renforcement du noyau de sélection.

## **2. Population et structure de la classe d'âge**

Le schéma de sélection est basé sur le principe du noyau ouvert avec trois niveaux :

- Niveau 1. C'est le noyau de sélection. Il sert à la création du progrès génétique (CRZ) ;
- Niveau 2. Il permet la multiplication du progrès génétique (troupeaux de la zone d'emprise du CRZ) ;
- Niveau 3. Il diffuse le progrès génétique (troupeaux de base).

### **2.1. Noyau de sélection**

La taille du noyau de sélection retenu est de 200 femelles et 4 taureaux. Cet effectif est réparti en 4 troupeaux de 50 femelles et d'un taureau chacun.

Le taureau géniteur entre en reproduction à l'âge de 3 ans et il est utilisé dans le troupeau pendant 2 ans. Les femelles entrent en production à 3 ans et en sortent à 12 ans. Le taux de renouvellement est de 12,5%. L'intervalle de génération est de 6 ans pour les femelles et de 4 ans pour les mâles. Au CRZ de Kolda, le taux de production et le taux de survie sont respectivement de 70% et 85%.

### **2.2. Troupeaux de multiplication**

Vingt troupeaux multiplicateurs sont prévus pour la multiplication du progrès génétique. Ces troupeaux sont composés exclusivement de femelles N'Dama de race pure avec une moyenne de 65 femelles par troupeau. Les taux de reproduction et de survie sont respectivement de 55 et 85%. Les taureaux géniteurs sont utilisés pendant deux ans.

### 2.3. Troupeaux de base

Il s'agit des troupeaux villageois ou commerciaux. Le schéma prévoit de toucher 90 troupeaux bénéficiaires. Dans ces troupeaux, les taux de reproduction et de survie sont aussi respectivement de 55 et 85%. La durée d'utilisation des taureaux est de 3 ans.

### 3. Analyse des données

Le logiciel EXCEL 2007 de Microsoft Office a été utilisé pour l'analyse des données issues des enquêtes. Par ailleurs, la procédure stage 1 pour la sélection en une seule étape du programme de simulation SelAction (Rutten et al., 2002) a été utilisé dans cette étude. Le critère de sélection est le poids à 36 mois. Les paramètres génétiques des poids à 6 et 36 mois utilisés dans cette étude pour l'analyse génétique des schémas de sélection sont ceux estimés dans la première partie de ce travail.

### 4. Stratégies de sélection alternatives

Quatre schémas de sélection ont été étudiés:

- Schéma 1 : Il correspond au schéma actuel du programme. Dans ce schéma, la taille du noyau est composée de 200 femelles et 4 taureaux.
- Schéma 2 : Dans ce schéma, la taille du noyau est composée de 250 femelles et 5 taureaux.
- Schéma 3 : Dans ce schéma, la taille du noyau est composée de 300 femelles et 6 taureaux.
- Schéma 4 : Dans ce schéma, la taille du noyau est composée de 400 femelles et 8 taureaux.

Dans les 4 schémas, les femelles sont choisies parmi les femelles de la zone ciblée et les mâles sont choisis dans le noyau. Les proportions sont calculées comme suit :

$$Pf = \frac{F}{N}$$

$$Pm = \frac{M}{Tm \times F}$$

Pf = Proportion des femelles sélectionnées

Pm = Proportion des mâles sélectionnés

N = Taille de la population générale support de sélection des femelles.

F = Nombre des femelles du noyau

M = Nombres des taureaux du noyau

Tm = Nombre de mâles par femelle et par an (=0,3).

Ainsi les proportions des femelles et des mâles sont respectivement de 0,067 et 0,133 pour le schéma 1, 0,067 et 0,167 pour le schéma 2, 0,067 et 0,2 pour le schéma 3, et 0,067 et 0,267 pour le schéma 4.

Les femelles et les mâles sont choisis sur la base des index différents :

- Les mâles sont choisis sur performances propres et sur l'index BLUP
- Les femelles sont choisies seulement sur l'index BLUP.

Le progrès génétique par génération en fonction du sexe est calculé selon la formule suivante :

$$\Delta G = i r_{IA} \sigma_A$$

Le progrès génétique annuel de chaque sexe est calculé en divisant le progrès génétique par génération de chaque sexe par son intervalle de génération selon la formule :

$$\Delta G = \frac{i r_{IA} \sigma_A}{T}$$

Avec :

DG= progrès génétique par génération ;

i = Intensité de sélection ;

r<sub>IA</sub> = Précision entre l'index et la valeur génétique additive ;

σ<sub>A</sub> = Ecart type génétique.

T = Intervalle de génération

Deux scénarii ont été choisis pour tester l'efficacité génétique des 4 schémas de sélection et afin optimiser le schéma de sélection actuel :

- Scénario 1 : Sélection des mâles sur leurs propres poids à 36 mois.
- Scénario 2 : Sélection des mâles sur les poids à 6 mois de leurs descendants. Pour ce scénario, une population de 600 femelles comme support de testage est prise en compte pour les besoins du calcul. De cette manière, la valeur génétique du taureau futur reproducteur est estimée à partir des performances pondérales de ces 10 descendants. L'intervalle de génération des taureaux est augmenté dans ce cas et il est de 5,3 ans.

# **RÉSULTATS ET DISCUSSION**

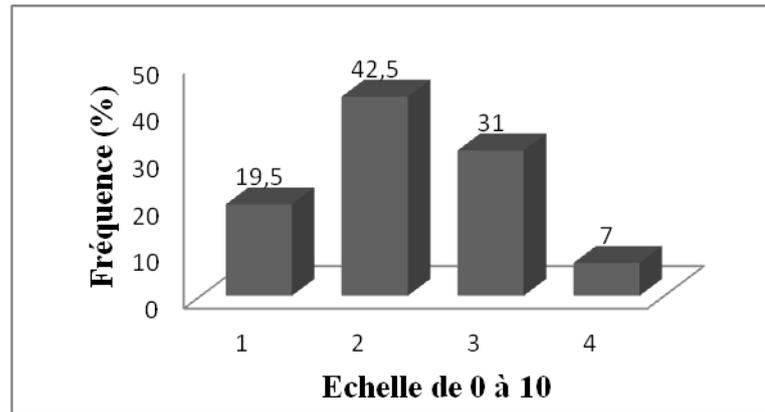
## RESULTATS

### 1. Objectifs des éleveurs

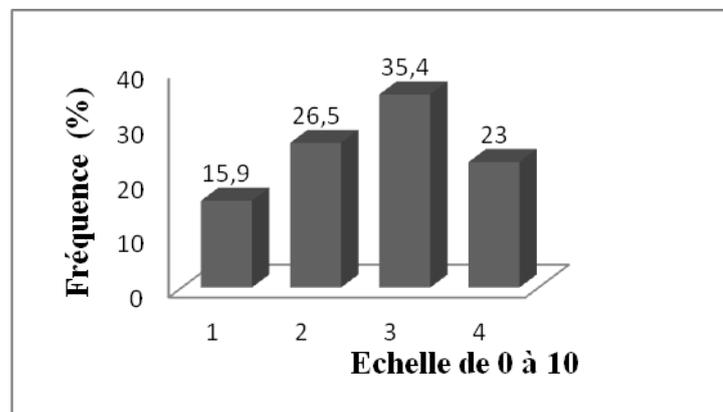
Les enquêtes menées auprès des éleveurs révèlent que ces derniers semblent préférer plus le lait que la viande. En effet, 58,4% d'entre eux ont donné une pondération supérieure à 3 sur une échelle allant de 0 à 10, indiquant leur préférence à l'amélioration de la production laitière (Figure 18), alors que 38% seulement ont accordé la même pondération pour la viande (Figure 17). Néanmoins, les caractères de reproduction tels que l'âge au premier vêlage et l'intervalle vêlage-vêlage semblent compenser l'écart de choix des éleveurs entre la viande et lait (Figures 19 et 20). Mais ces caractères sont davantage favorables pour le lait. Un vêlage chaque année augmente le nombre de lactation. Ainsi, 65,5% préfèrent, pour la même pondération, que leurs animaux mettent bas tous les ans (Figure 20). Ces deux caractères permettent d'augmenter la productivité numérique du troupeau, et ils sont ainsi considérés comme des caractères intermédiaires pour atteindre l'objectif de production de viande. En revanche, 70% des éleveurs n'accordent pas beaucoup d'importance aux caractères de trypanotolérance ou d'adaptation (Figure 21).

### 2. Niveau d'amélioration génétique souhaité par les éleveurs

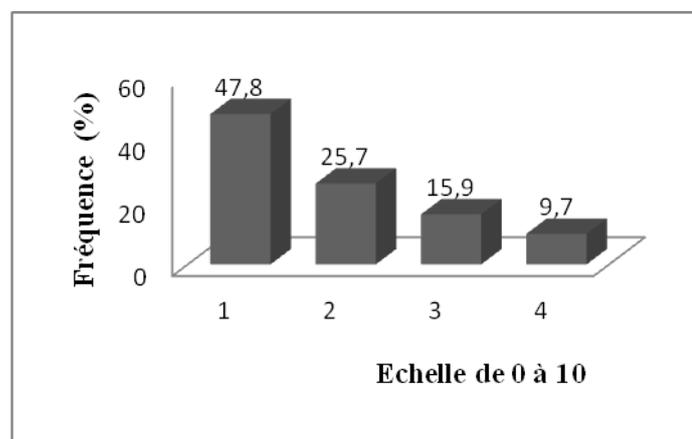
70% des éleveurs préfèrent que leurs génisses vêlent pour la première fois entre 30 et 36 mois et 77% souhaitent une mise bas tous les 12 mois (Figures 22 et 23). Sachant que la production journalière de lait par vache dans la zone d'étude est de 1 litre en saison sèche et de 1,5 litres en saison pluvieuse, 45% des éleveurs souhaitent voir cette production augmenter de 2 à 3 litres par vache (Figure 24).



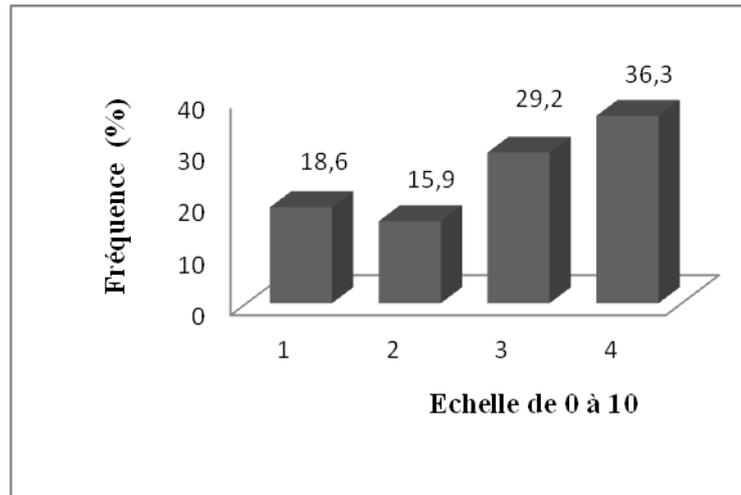
**Figure 17: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs à la viande sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection**



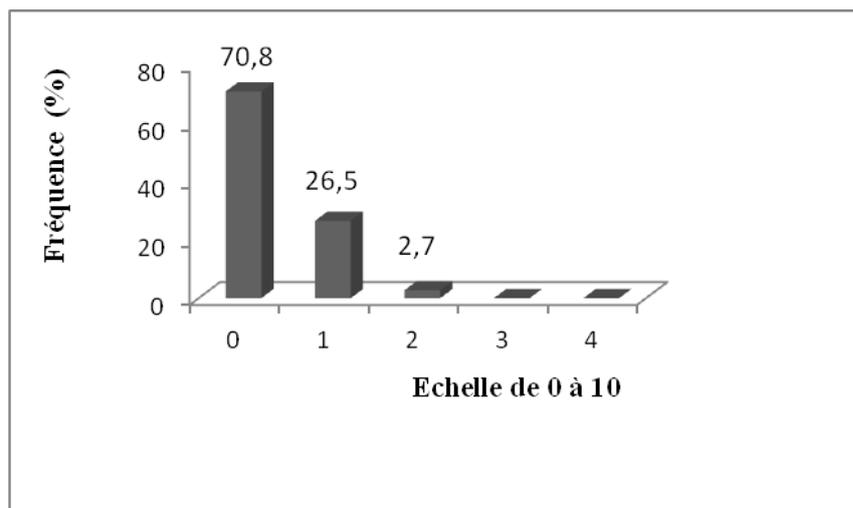
**Figure 18: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs au lait sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection**



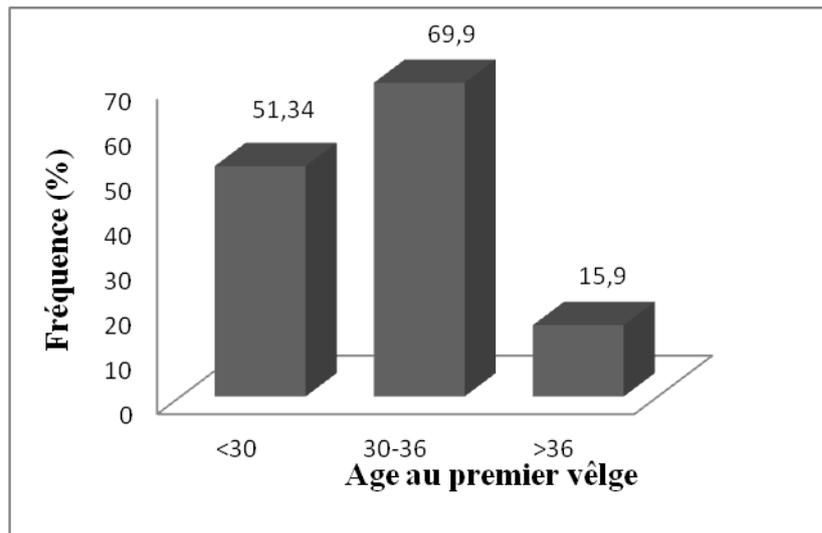
**Figure 19: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs à l'âge au premier vêlage sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection**



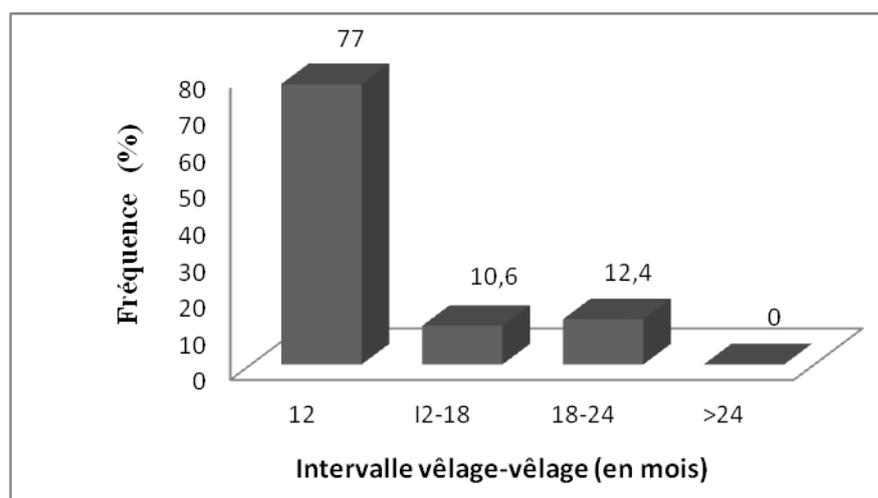
**Figure 20: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs à l'intervalle vêlage-vêlage sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection**



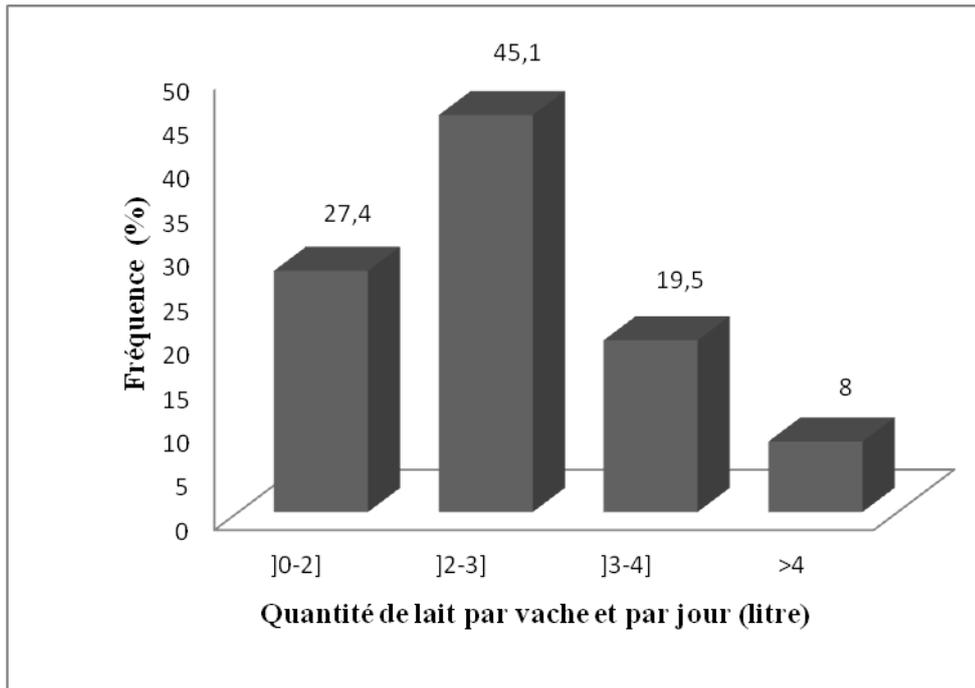
**Figure 21: Distribution de fréquences de la pondération accordée par les éleveurs au caractère d'adaptabilité à la trypanotolérance sur une échelle de 0 à 10 dans un programme de sélection**



**Figure 22: Distribution de fréquences du niveau d'amélioration génétique souhaité pour l'âge au premier vêlage dans un programme de sélection**



**Figure 23: Distribution de fréquences du niveau d'amélioration génétique souhaité pour l'intervalle vêlage-vêlage dans un programme de sélection**



**Figure 24: Distribution de fréquences du niveau d'amélioration génétique souhaité pour la quantité de litre de lait dans un programme de sélection**

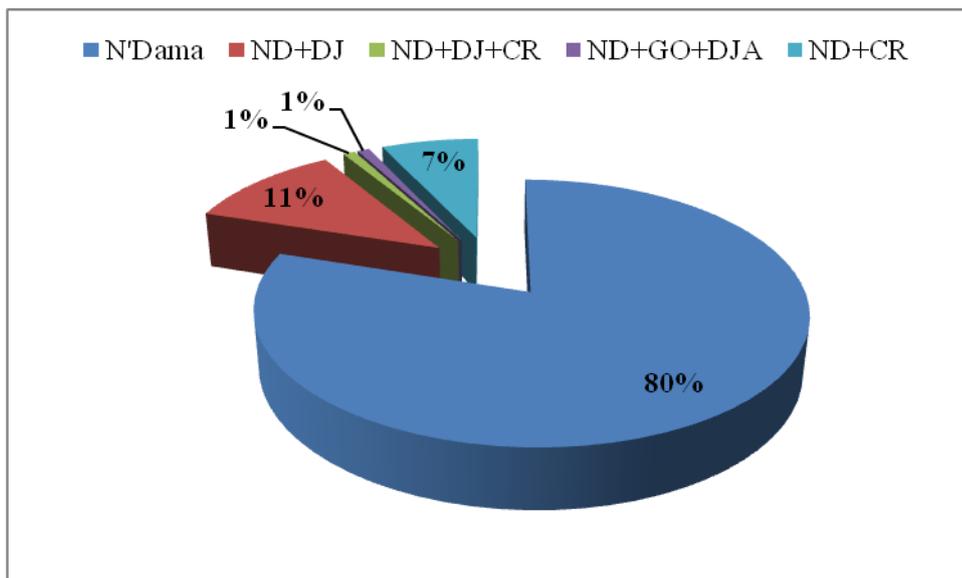
### **3. Structure des élevages de la zone ciblée**

Pour abriter les troupeaux multiplicateurs dans la zone choisie, la taille des troupeaux est en moyenne de 65 femelles et de 2 taureaux. Dans cette zone, 27,3% des éleveurs ont moins de 50 femelles, 26,5% ont entre 51 et 100 femelles et seulement 5,30% ont plus de 100 femelles. Par ailleurs, 80% des troupeaux sont composés de la race N'Dama en race pure uniquement, 11% sont composés de N'Dama et de Djakoré et le reste des troupeaux (9%) renferme tous les types génétiques de la zone : la N'Dama, le Djakoré, le Gobra et les croisés de toute sorte (Figure 25). En outre, 75% des éleveurs améliorent le troupeau par la pratique de la sélection et 25% pratiquent à la fois la sélection et le croisement (Figure 26).

### **4. Identification des animaux**

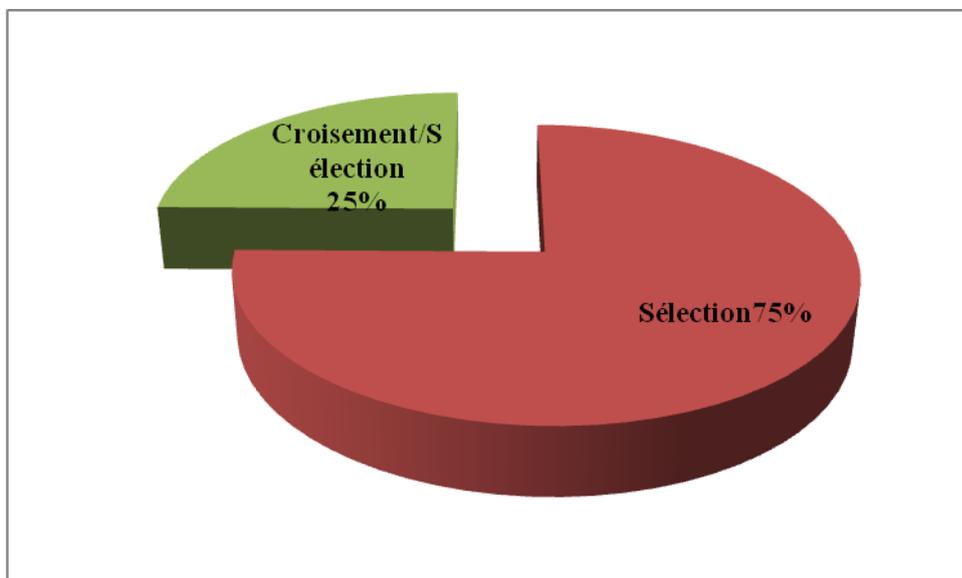
Les enquêtes ont révélé qu'aucun éleveur n'identifie ses animaux par une boucle d'oreille. En revanche, tous les éleveurs identifient leurs animaux par trois systèmes traditionnels : marquage à la cuisse, nom donné et phénotype.

- Le marquage à la cuisse consiste à poser par le fer rouge un chiffre, une marque quelconque ou les initiales du nom de l'éleveur ou du propriétaire des animaux. A côté de ce type d'identification, certains éleveurs encochent l'oreille de l'animal.
- L'identification par un nom. L'éleveur donne un seul nom à tous les descendants d'une femelle.
- L'identification par phénotype. Il s'agit d'identifier l'animal par la couleur de sa robe, la forme des cornes, une marque...



ND N'Dama ; Dj Djakoré ; CR Croisé ; GO Gobra

**Figure 25: Types génétiques rencontrés dans la zone d'intervention du programme d'amélioration génétique**



**Figure 26: Types d'amélioration génétique pratiqués par les éleveurs**

## 5. Comparaison des schémas de sélection

### 4.1. Scénario 1

Le scénario 1 a consisté à choisir les futurs reproducteurs sur la base de leurs poids à 36 mois. Les résultats de simulation montrent que la réponse génétique par génération réalisée par les mâles dans le schéma 4 est de 0,058 kg de plus que celle produite dans le schéma actuel. Elle est de 0,035 kg de plus que celle du schéma 2 et de 0,02 kg de plus que celle du schéma 3. Alors que le meilleur gain génétique réalisé par les femelles est créé dans le schéma 2 avec 0,404 kg et le plus faible gain est produit par le schéma 4 avec 0,365 kg (Tableau 17). Par ailleurs, le cumul des réponses génétiques réalisées par les mâles et les femelles dans chaque schéma donne le meilleur score au schéma 3 (Figures 27)

Le taux de consanguinité de 5,36% est plus élevé dans le schéma actuel, alors qu'il est seulement de 2,66% dans le schéma 4 (Tableau 17).

### 4.2. Scénario 2

Les résultats de la simulation donnent des réponses génétiques par génération plus élevées que celles engendrées par le scénario 1 pour les différents schémas de sélection. En revanche, les taux de consanguinité trouvés dans ce scénario sont légèrement élevés que ceux des schémas correspondants du premier scénario.

Le schéma 4 donne la meilleure réponse génétique réalisée par les mâles avec 4,116 kg par génération, alors que le schéma 1 donne la faible réponse génétique avec 4,039 kg par génération. Les schémas 2 et 3 ont abouti respectivement à 0,031 et 0,051 kg de gain génétique de plus que le schéma 1 (Tableau 18). Chez les femelles, le schéma 2 a produit 0,542 kg contre 0,490 kg pour le schéma 4 (Tableau 18). En revanche, le cumul des progrès génétiques par génération des femelles et des mâles donne au schéma 3 la meilleure réponse génétique (Figure 18). La même tendance évolutive est observée au niveau du scénario 1.

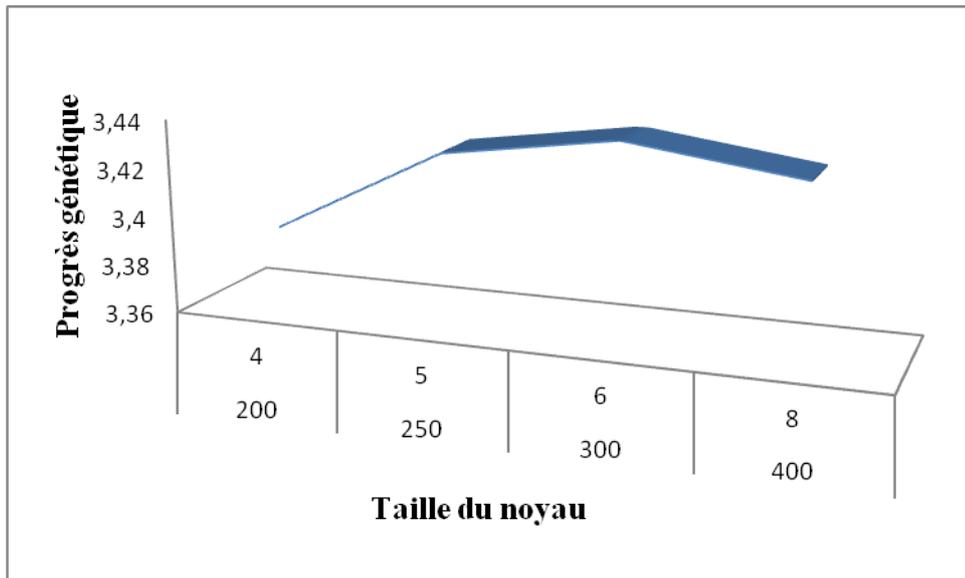
Par ailleurs, les progrès génétiques réalisés par an par les mâles dans les deux scénarii sont pratiquement égaux du fait que l'intervalle entre génération des mâles est plus grand dans le scénario 2 que dans le scénario 1. En effet, cet intervalle prend en compte l'âge du taureau à tester, la durée de gestation des femelles et l'âge de ses descendants à l'évaluation pour le poids à 6 mois.

**Tableau 17: Réponse génétique par génération, réponse génétique par an et taux de consanguinité par génération des mâles et des femelles des bovins N'Dama des schémas 1, 2, 3 et 4 du scénario 1**

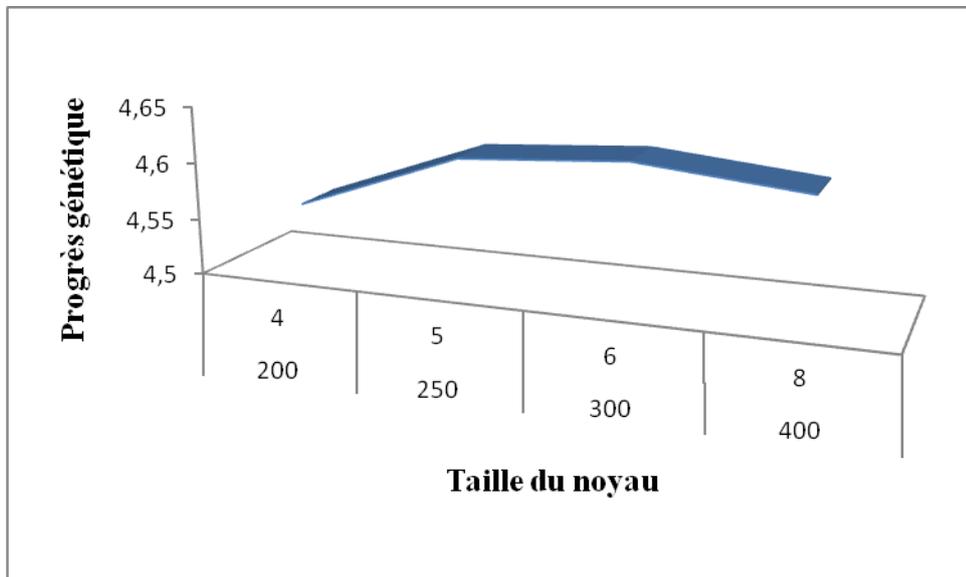
Schéma de sélection	Sexe	Réponse génétique par génération (kg)	Cumul par génération (kg)	Réponse génétique par an (kg/an)	Cumul par an (kg/an)	Taux de consanguinité par génération (%)
1	Mâle	3,007	3,394	0,751	0,339	5,360
	Femelle	0,387		0,064		
2	Mâle	3,030	3,434	0,757	0,343	4,774
	Femelle	0,404		0,067		
3	Mâle	3,045	3,440	0,761	0,344	3,997
	Femelle	0,395		0,066		
4	Mâle	3,065	3,430	0,766	0,343	2,662
	Femelle	0,365		0,061		

**Tableau 18: Réponse génétique par génération, réponse génétique par an et taux de consanguinité par génération des mâles et des femelles des bovins N'Dama des schémas 1, 2, 3 et 4 du scénario 2**

Schéma de sélection	Sexe	Réponse génétique par génération (kg)	Cumul par génération (kg)	Réponse génétique par an (kg/an)	Cumul par an (kg/an)	Taux de consanguinité par génération (%)
1	Mâle	4,039	4,559	0,762	0,849	5,590
	Femelle	0,520		0,087		
2	Mâle	4,070	4,612	0,767	0,857	4,944
	Femelle	0,542		0,090		
3	Mâle	4,090	4,621	0,772	0,860	4,127
	Femelle	0,531		0,088		
4	Mâle	4,116	4,606	0,777	0,859	2,742
	Femelle	0,490		0,082		



**Figure 27: Evolution de la réponse génétique génération en fonction de la taille du noyau du scénario 1**



**Figure 28: Evolution de la réponse génétique par génération en fonction de la taille du noyau du scénario2**

## DISCUSSION

### 1. Objectifs de sélection

L'objectif principal des éleveurs est la production laitière. Cet objectif est en contradiction avec celui assigné au schéma de sélection actuel. Néanmoins, la N'Dama est une race plutôt à viande et, cet objectif de sélection est en accord avec la qualité bouchère et au bon rendement carcasse (48-55%) de la N'Dama (Coulomb, 1976 ; Spenser et al., 1986 ; Aboagye, 2002), mais aussi à sa mauvaise production laitière avec seulement 0,66 kg de lait par jour pendant 3 à 5 mois de lactation (Dieye, 2003). Cependant, un programme de sélection, pour avoir l'adhésion des éleveurs doit tenir compte de leurs préoccupations, mais aussi des considérations économiques de la zone (Bernison et al., 1997 ; Adjou Moumouni, 2006). Le lait et la vente des animaux sont les moyens essentiels de subsistance des éleveurs (Diop et al., 1993). Ainsi, l'établissement des valeurs économiques pour le lait et la viande pour la création d'un index global pourrait satisfaire les objectifs des éleveurs. Pour cela, la production laitière pour le choix des vaches devant intégrer le noyau de sélection lors du dépistage et les poids à âge types seraient de bons critères de choix.

### 2. Structure des élevages de la zone ciblée

La taille des troupeaux de multiplication est conforme à celle rapportée par Jatner et al. (2003) qui est de plus de 40 femelles par troupeau multiplicateur. En outre, en considérant que 20 troupeaux multiplicateurs sont prévus dans le programme et à raison de 65 femelles par troupeau, la taille de la population ciblée est de 1300 femelles. Par conséquent, la proportion des vaches du noyau actuel correspond à 6,5% de la taille de la population totale ciblée. Cette proportion rejoint celle avancée par Rege et al. (2001) qui doit représenter au moins 5% de la population totale ciblée. Avec un taux de reproduction et un taux de survie annuels respectivement de 70% et de 85%, le noyau de sélection actuel est capable de produire 42 taureaux de trois ans après trois années de fonctionnement.

### 3. Identification des animaux

Le numéro d'identification actuel des animaux composé de quatre chiffres est le même que celui décrit par Boujenane (1988) comme étant la plus simple, sauf que pour cet auteur, le premier chiffre indique l'année de naissance et les trois autres désignent le numéro d'ordre suivant la date de naissance ce qui n'est pas le cas ici. Le système actuel d'identification est

surtout utilisé pour le contrôle de parenté entre les animaux pendant le déroulement du programme d'amélioration génétique. Il serait d'autant plus efficace si des codes ou des chiffres sont affectés aux élevages et/ou aux éleveurs pour intégrer l'origine des animaux dans leur identification et pour mieux tracer leur mouvement du noyau à la base de la sélection. Une confusion pourrait rapidement être créée si les élevages choisis comme multiplicateurs ou commerciaux ne sont pas bien identifiés.

#### **4. Choix des reproducteurs**

Le critère de choix des reproducteurs se fait sur les propres poids à 36 mois. Attendre trois ans pour choisir un reproducteur peut paraître long dans la mesure où les corrélations génétiques et phénotypiques entre les poids aux âges types sont élevées et positives. L'existence de ces corrélations indique qu'il est possible de choisir les futurs reproducteurs sur des poids à un bas âge. Ainsi, le poids à la naissance constitue une mesure appréciable de la précocité des jeunes animaux et pour la sélection des veaux (Coulomb, 1976 ; Hildman, 1984 ; Akouango et al., 2010). Le choix des vaches exceptionnelles pour leur production laitière est en adéquation avec la proposition de Diop et al. (1993). La moyenne de cette production doit être supérieure à la moyenne générale.

Le seul facteur de l'environnement retenu pour la correction du poids à 36 mois est l'origine de naissance de l'animal avec deux niveaux (né au centre et né externe), alors que l'analyse de la variance étudiée dans la première partie de ce travail a révélé un effet significatif de l'année de naissance sur le poids à 36 mois. En outre, les niveaux du facteur origine de naissance des taurillons retenus pour renforcer le noyau peuvent dépasser deux si on tient compte de l'effet élevage de naissance ou élevage d'origine ou même la zone d'origine des futurs reproducteurs. Il va falloir que ces élevages soient identifiés. En effet, des pratiques de conduites peuvent être différentes d'un élevage à l'autre et influencer les performances de croissance.

Les facteurs de milieu pour corriger la production laitière des vaches du noyau sont le mois du contrôle laitier, l'origine de la vache (2 niveaux : née au CRZ, née externe), la saison de vêlage (2 niveaux : saison sèche et saison d'hivernage) et la covariable stade de lactation en jour, alors que les performances laitières des vaches exceptionnelles dépistées chez les éleveurs ne sont pas corrigées. Diop et al. (1993) propose que ces performances soient corrigées pour pouvoir choisir les vaches sur la base de leur vraie valeur génétique. Ils proposent les facteurs : numéro de vêlage, stade de lactation (en jours), saison de vêlage et

mois de contrôle. Le schéma actuel ne prend pas compte le facteur numéro de vêlage qui a un effet significatif sur la production laitière (Diop et al., 1993). De plus, les facteurs stade de lactation et mois du contrôle laitier semblent se confondre. Boujenane et al. (2004) ont retenu deux facteurs du milieu : le numéro de lactation et la saison de vêlage, pour corriger la quantité de lait produite par les vaches de race Tidili, une race locale marocaine.

Il est prévu dans le schéma, lors du classement final des animaux, de faire un premier classement par les éleveurs. Cette manière de procéder pour le choix des reproducteurs peut biaiser l'évaluation génétique qui doit tenir compte seulement des valeurs génétiques additives des animaux. L'évaluation selon le modèle BLUP est une méthode approuvée pour classer les reproducteurs. Les critères des éleveurs sont très subjectifs et difficiles à quantifier. Youssao et al. (2009) a rapporté que ces critères sont entre autre la couleur de la robe, les extrémités noires, le développement du fanon ou la longueur de la queue. Il est dit plus haut que les objectifs des éleveurs doivent être définis et pondérés en amont de la sélection pour créer un index global de sélection. De cette façon, les préoccupations des éleveurs seraient prises en compte.

## **5. Stratégies alternatives de schéma de sélection**

Le principal résultat de l'étude du système actuel de sélection de la N'Dama mis en œuvre au CRZ de Kolda est que la sélection sur descendance sur le poids à 6 mois (scénario 2) a entraîné une hausse par rapport aux réponses génétiques de la sélection sur performances sur le poids à 36 mois (scénario 1). Les inconvénients qui pourraient entraver cette approche de la sélection sur descendance sont d'abord les coûts liés à la constitution d'une population support de testage et ensuite la détermination des facteurs de l'environnement. En effet, le poids à 6 mois est plus affecté par les facteurs saison de naissance, rang de vêlage ou âge de la mère que le poids à 36 mois. Ainsi, une mauvaise correction des performances peut surestimer les gains génétiques. La sélection du taux de croissance sur la base du poids à 36 mois pour compenser l'effet du milieu pourrait être préférable à la sélection sur la base des GMQ ou sur les poids à bas âge (Bosso, 2006).

L'analyse des figures 27 et 28 montre que la variabilité de la taille de la population du noyau de plus de 300 femelles conduit à une baisse modérée de la réponse génétique. Ce qui indique que la grande taille du noyau n'est pas toujours avantageuse dans les deux scénarii. En effet, les résultats présentés pour les deux scénarii suggèrent qu'une réponse génétique importante peut être réalisée en sélectionnant 300 femelles et 6 taureaux qu'en sélectionnant 400 femelles

et 8 taureaux. Bosso et al. (2006) ont rapporté dans le même sens qu'une augmentation du nombre de taureaux conduit à une diminution de la réponse génétique des caractères de croissance.

Le taux de consanguinité est plus élevé dans le scénario 2. Il faut signaler que l'estimation par simulation du progrès génétique ne tient pas en compte de la nature ouverte du système dans la pratique. Néanmoins, Bijma (2000) a indiqué qu'un taux de consanguinité de 4,5 % mérite plus d'attention. Alors que les taux trouvés pour une taille de 200 femelles sont presque égaux à celui de 4,5% par génération rapporté par Bosso (2006) pour une population de 200 femelles et 5 taureaux. Ce taux décroît avec l'augmentation de la taille du noyau alors que la réponse génétique croît. En revanche, à partir de 300 femelles, le taux de consanguinité et le gain génétique décroissent. Ainsi, une taille de 300 femelles et 6 taureaux serait le meilleur schéma de sélection. Par contre, Bosso (2006) a rapporté qu'un noyau qui utilise 10 taureaux par an et 200 femelles serait certainement le meilleur. Alors que, Meuwissen et Sorenson (1998) pensent que la meilleure option serait d'utiliser un système avec un taux prévu de la consanguinité.

## **Conclusion**

Dans cette étude, des stratégies alternatives pour le programme d'amélioration génétique du Bovin N'Dama au CRZ ont été évaluées pour leur efficacité génétique. Il a été montré que pour un programme d'amélioration génétique, le schéma 3 serait profitable pour la réalisation des réponses génétiques substantielles par génération et que le scénario 2 serait plus efficace que le scénario 1. Toutefois, le scénario 1 est plus facile à mettre en place et son coût serait plus avantageux.

## CONCLUSION GÉNÉRALE ET RECOMMANDATIONS

Il ressort de l'analyse génétique des performances zootechniques des bovins de race N'Dama et de du schéma de sélection à noyau ouvert au centre de recherche zootechnique de Kolda que :

➤ Les performances de croissance réalisées par les bovins N'Dama au CRZ de Kolda sont en général supérieures à celles enregistrées par les bovins N'Dama élevés dans d'autres systèmes et/ou dans d'autres pays, alors que les performances de reproduction en sont similaires. Cette amélioration semble être, d'une part, le résultat du programme de sélection de la race mis en place en 1974 et, d'autre part, aux conditions d'élevage favorables dans le centre (alimentation, suivi sanitaire...).

➤ Les vêlages se sont faits durant toute l'année car la monte naturelle était non contrôlée. Ceci a une influence négative sur les performances des veaux nés pendant les mauvaises saisons de vêlage. Ainsi, pour diminuer les conséquences des aléas climatiques durant l'année sur les performances des animaux, il est recommandé de contrôler la monte et d'organiser la mise à la reproduction afin de coïncider les vêlages avec les mois favorables pour une bonne disponibilité alimentaire à savoir les mois de Mai, Juin, Juillet et Août.

➤ Les facteurs du milieu influencent significativement les caractères de croissance et de reproduction. Ceci indique que les performances brutes doivent être corrigées pour les effets des facteurs non génétiques qui se sont révélés significatifs. Cette correction est importante pour l'estimation des paramètres génétiques et pour l'évaluation génétique par la méthode des index de sélection. Elle est également utile pour les éleveurs afin de comparer les animaux de leurs troupeaux.

➤ L'estimation des paramètres génétiques et phénotypiques a donné des héritabilités directes et maternelles très faibles pour les différents caractères de croissance. L'héritabilité la plus élevée est de 0,12 pour le poids à 6 mois. Les progrès génétiques réalisés sur les différents caractères sont faibles. Ces faibles gains génétiques ont mis en évidence une réponse limitée du programme de sélection des génisses et des taurillons basés sur des critères quantitatifs et la couleur fauve de la robe. Le choix des animaux sur la base de leurs performances brutes au lieu de leurs valeurs génétiques additives aurait réduit les possibilités d'un gain génétique. Ainsi compte tenu de ces paramètres génétiques, il est nécessaire de mettre en place un schéma de sélection plus organisé où les futurs reproducteurs seront sélectionnés dans une

grande population et sur la base des valeurs génétiques. Ces reproducteurs pourraient être choisis à un bas âge et le poids à 6 mois pourrait être retenu comme critère de sélection.

➤ Le lait est l'objectif de sélection souhaité par les éleveurs pour l'amélioration génétique de la race avant la viande. Néanmoins, les objectifs de reproduction (vêlage précoce et intervalle vêlage-vêlage réduit) occupent une place importante. Ainsi, pour tenir compte des objectifs des éleveurs, il est nécessaire de déterminer les valeurs économiques des caractères que les éleveurs souhaitent améliorer pour le choix des reproducteurs sur la base d'un index global.

➤ Les résultats de simulation ont montré que la sélection des futurs reproducteurs sur le poids à 6 mois de leurs descendants (scénario 2) a abouti à des réponses génétiques relativement élevées que la sélection des futurs reproducteurs sur leurs poids à 36 mois (scénario 1). Le taux de consanguinité par génération est relativement bas dans le scénario 2. Le schéma actuel (schéma 1, 200 femelles et 4 taureaux) a généré un progrès génétique par génération de 3 kg pour le poids à 36 mois et un taux de consanguinité de 5,36% par génération pour le scénario 1. Alors que pour le scénario 2, il a produit un gain génétique de 4 kg par génération pour le poids à 36 mois et un taux de consanguinité de 5,59%. Le taux de consanguinité le plus faible est observé dans le schéma 4 avec 2,7 % pour les deux scénarii. Le schéma 3 devrait être recommandé car il conduit à une meilleure amélioration des caractères retenus.

Il est recommandé de mettre en place au centre de recherche zootechnique de Kolda un système d'indexation systématique des reproducteurs. Pour cela, il est nécessaire d'établir un contrôle de performances adéquat pour collecter des informations appropriées pour un programme de sélection.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aboagye G.S. 2002.** Phenotypic and genetic parameters in cattle populations in Ghana. Doc of the Department of Animal Science, University of Ghana, Legon, Ghana.
- Adjou Moumouni P.F.A. 2006.** Evaluation des performances zootechniques des bovins de race Borgou en sélection à la ferme d'élevage de l'Okpara (Benin). Thèse Médecine Vétérinaire de EISMV, UCAD.
- Ahunu B.K., Arthur P.F., Kissiedu H.W.A. 1997.** Genetic and phenotypic parameters for birth and weaning weights of purebred and crossbred N'Dama and West African Shorthorn cattle. *Livestock Production Science* 51: 165–171.
- Akdag F., Serhat A., Alaattin C. et Bulent T. 2011.** The relationships of phenotype, genotype and some environmental factors with birth weight in Jersey calves, *African Journal of Biotechnology* 10 (37): 7308-7313.
- Akouango F., Ngokaka C., Mompoundza P., Emmanuel K. 2010.** Barymetries formulas and control of growth of breed cattle at Dihessé Breeding Farm in Congo Brazzaville. *Pakistan Journal of Nutrition* 9 (5): 475-480.
- Akouango F., Ngokaka C., Ewomango P., Kimbembe E. 2010.** Caractérisation morphométrique et reproductive des taureaux et vaches N'Dama du Congo. *Animal Genetic Ressources* 46: 41-47.
- ANDS, Agence Nationale de la Démographie et de la Statistique. 2009.** Bulletin annuel des statistiques économiques, Dakar, République du Sénégal.
- Assan N., Nyoni K. 2009.** Systematic environmental influences and variances due to direct and maternal effects and trends for yearling weight in cattle. *Animal Research International* 6(3): 1086–1092.
- Azzam et Nielsen. 1987.** Genetic parameters for gestation length, birth date and first breeding date in beef cattle. *J. Anim. Sci* 64: 348-355.
- Baker R.L. 1980.** The role of maternal effects on the efficiency of selection in beef cattle: a review. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production* 40: 285-303.
- Beche J.-M. 2005.** Pointage au sevrage des bovins de race à viande : manuel pratique. Institut de l'Élevage, Paris. 68 p.
- Bijma, P., 2000.** Long-term genetic contributions: prediction of rates of inbreeding and genetic gain in selected populations. Doctoral Dissertation, Animal Breeding and Genetics group, Department of Animal Sciences, Wageningen University. 225 pp.

- Boldman K.G., Kries L.A., Van Vleck L.D., Van Tassel C.P. et Kachman S.D. 1995.** A manual for use of MTDFREML. A set of Program to Obtain Estimated of Variances and Covariances (DRAFT), USDA, ARS, Washington, DC.
- Bondoc O.L., Smith C. 1993.** Deterministic genetic analysis of open nucleus breeding schemes for dairy cattle in developing countries. *Journal of Animal Breeding and Genetics* 110: 194–208.
- Bonnes G., Darré A., Fugit G., Gadoud R., Jussiau R., Mangeol B., Nadreau N., Papet A., Valognes R. 1991.** Amélioration génétique des animaux d'élevage. Foucher, Paris. 287 pp.
- Boudet G., 1984.** Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Manuels et précis d'élevage. Ministère des Relations Extérieures, Paris. Pp. 267.
- Bosso N.A., 2006.** Genetic parameters for growth traits in N'Dama cattle under tsetse challenge in the Gambia. Ph.D. Thesis, Wageningen Institute of Animal Sciences, Wageningen, Pays-Bas. 147 p.
- Bosso N.A., van der Waaij, Kahi A.K., van Arendonk J.A.M. 2009.** Genetic analyses of N'Dama cattle breed selection schemes. *Livestock Research for Rural Development* 21 (8): 1-11.
- Bosso N.A., van der Waaij E.H., van Arendonk van J.A.M. 2002.** Genetic parameters for growth traits in a pure N'Dama breed in the Gambia. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> World Congress on Genetics Applied to Livestock Production* 33: 429–432.
- Boujenane I. 1983.** Etude des paramètres de reproduction des vaches locales marocaines et du poids à la naissance des veaux : Facteurs de variation non génétiques. *Hommes, Terre & Eaux* 50 : 81-85.
- Boujenane I. 1988.** Schéma global d'amélioration génétique des ovins : Exemple de la race D'man. *Hommes, Terre & Eaux* 72 : 99-108.
- Boujenane I., Ounis O., Aït Taleb H. 2000.** Effets des facteurs non génétiques sur les performances de croissance des veaux de race Oulmès-Zaer. *Actes Inst. Agron. Vet. (Maroc)* 20 (3) : 125-132.
- Boujenane I., Ghoddane A., Benidir M. 2004.** Effets de l'environnement sur la quantité de lait et les poids corporels des bovins de race Tidili au Maroc. *Revue Elev. Med. vét Pays trop.* 57(1-2) : 101-105.

- Bouquet A. 2008.** Amélioration de l'efficacité des programmes de sélection des bovins allaitants : De nouveaux modèles d'évaluation génétique. Thèse, Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech). 290 p.
- Boye C. M., Gueye E. F., Missohou A., Sow R. S. 2005.** Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal 1964-2004 : 321-344.
- Burrow H.M. 2001.** Variances and covariances between productive and adaptive traits and temperament in a composite breed of tropical beef cattle. *Livestock Production Science* 70: 213–233.
- Cantet R.J.C., Kress D.D., Anderson D.C., Doornbos D.E. Burfering P.J., Blackwell R. L. 1988.** Direct and maternal variances and covariances and maternal phenotypic effects on preweaning growth. *Journal of Animal Science* 66: 648-660.
- Choquel P. 1969.** Intérêt et utilisation des bovins trypanotolérants. pp. 170.
- Codjia V. 1981.** Trypanotolérance et immunité. Recherches sur les taurins de la République Populaire du Bénin. Thèse de Médecine vétérinaire EISMV, UCAD. Dakar
- Coulomb J. 1976.** La race N'Dama. Quelques caractéristiques zootechniques. *Rev. Elev. Med. vét. Pays trop.* 29: 367-380.
- Cunningham E.P., Klei. 1995.** A performance and genetic trend in purebred Simmental for regions of the United States. *J. Anim. Sci.* 73 (9): 2540-2547.
- Curtis C.R., Erb H.N., Snifen C.J., Smith R.D., Kronfeld D.S., 1985.** Path analysis of dry period nutrition, post-partum metabolic and reproductive disorders and mastitis in Holstein cows. *J. Dairy. Sci.*, 68: 2347–2360.
- DAD-IS (Domestic Animal Diversity Information System), 1998,** FAO, Rome.
- Davis G.P. 1993.** Genetic parameters for tropical beef in northern Australia: a review. *Australian Journal of Agricultural Research* 44: 179–198.
- Delage J., Poly J., Vissac B. 1955.** Etude de l'efficacité relative de différentes formules de barymétrie applicables aux bovins. *Annales de Zootechnie* 3: 219-231.
- Dempfle L. 1990.** Report on breeding and genetics (genetic improvement) of trypanotolerant livestock in West and Central Africa. ITC unpublished, 45 pp.
- Dempfle L. 1991.** Report on genetic improvement of trypanotolerant livestock in west and central Africa. In Proceedings of the FAO Expert Consultation on the Genetic Aspects of Trypanotolerance, Rome, Italy, 3–4 September 1991. *FAO Animal Production and Health* 94: 77–97.

- Dempfle L., 1993.** Strategies for improving the genetic performance of local breeds. (2-11) In Proc. Atelier sur l'amélioration génétique des bovins en Afrique de l'Ouest, Banjul 17-21.
- Dempfle L., Jaitner J. 1999.** Handouts. Regional Workshop about Animal Breeding and Genetics for Applied Geneticists and Professionals Responsible for Breeding Programmes held at ITC, 8–19 February 1999, unpublished, 77–97.
- Dempfle L., Jaitner J. 2000.** Case study about the N'Dama breeding programme at the International Trypanotolerance Centre (ITC) in the Gambia. In Galal S., Boyazoglu J. and Hammond K. (Eds.). Workshop on Developing Breeding Strategies for Lower Input Animal Production Environments, Bella, Italy, 22–25 September 1999. ICAR Technical Series No. 3: 347–354.
- Diallo M., Timmermans E., Viviani P. 1993.** Programme d'amélioration génétique du bétail N'Dama au centre de Boké. In: l'Amélioration Génétique des Bovins en Afrique de l'Ouest. Etude FAO Production et Santé Animales 110 : 239-251.
- DIEYE P.N. 2003.** Comportements des acteurs et performances de la filière lait périurbain de Kolda (Sénégal). Thèse Master of Science, CIHEAM, Institut Agronomique Méditerranéen de Montpellier. 60 p.
- Diop, M. and D. L. Van Vleck, 1998.** Estimates of genetic parameters for growth traits of Gobra cattle. *Animal Science*, 1998, 66: 349-355.
- Diop M., Fall A., Niang S., 1993.** Mise en place d'un système génétique à noyau ouvert sur le bétail N'Dama au Sénégal- Le dépistage des vaches dans les troupeaux villageois. (269-280). In Proc. Atelier sur l'Amélioration génétique des bovins en Afrique de l'Ouest, Banjul 17-21 Octobre 1992.
- DIREL. 2008, 2010.** Statistiques. Direction de l'élevage, Dakar.
- Dodenhoff J., Van Vleck L.D., Gregory K.E. 1999.** Estimation of direct, maternal and grandmaternal genetic effects for weaning weight in several breeds of beef cattle. *Journal of Animal Science* 77: 840-845.
- Doutresoule. 1947.** L'élevage en Afrique occidentale française, Éditions Larose, Paris. 300 Pp.
- Dunsmore J.R., Blair Rains A., Lowe G.D.N., Moffatt D.J. Anderson I.P., Williams J.B. 1976.** The agricultural development of the Gambia: an agricultural, environmental and socio-economic analysis. Land Resources Study 22, 450 pp. Land Resources Division, Ministry of Overseas Development, UK.

- Duteurtre G., Faye M.D., Dieye P.N. 2010.** L'agriculture sénégalaise à l'épreuve du marché. Karthala. 451 p. Paris.
- Ehui S., Barry M.B., Williams T.O., Koffi-Koumi M., Zeleka P. 2003.** Quelles politiques pour améliorer la compétitivité des petits éleveurs dans le corridor central de l'Afrique de l'Ouest: implications pour le commerce et l'intégration régionale. In ILRI Proceedings, ILRI, Nairobi, Kenya. 79 pp.
- Eler J.P., Van Vleck L.D., Ferraz J.B.S., Lobo R.B. 1995.** Estimation of variances due to direct and maternal effects for growth traits of Nelore cattle. *Journal of Animal Science* 73: 3253-3258.
- Fall A., Diop M., Sandford J., Wissocq Y.J., Durkin J., Trail, J.C.M. 1982.** Evaluation of the productivities of Djallonke sheep and N'Dama cattle at the Centre de Recherches Zootechniques, Kolda, Senegal. ILCA Research Report 3. ILCA (International Livestock Centre for Africa), Addis Ababa, Ethiopia, 70 pp.
- Fall A. 1992.** Characterization of indigenous livestock breeds in Senegal. In: African Animal Genetic Resources: Their Characterization, Conservation and Utilization. Proceedings of a Research Planning Workshop, ILCA, Addis Ababa. 141 pp.
- Falconer D.S., Mackay T.F.C. 1996.** Introduction to Quantitative Genetics. Longman, Londres. 464 pp.
- FAO 1980.** Le bétail trypanotolérant en Afrique Occidentale et Centrale. Volume 2- Etude par pays. FAO, PNUD, Rome. 311 pp.
- Franklin I. R., 1986.** Breeding ruminants for the tropics. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> World Congress of Genetics Applied to Livestock Production. II: 451-461.
- Garrick D.J., Pollak E. J., Quaas R.L., Van Vleck L.D. 1988** Variance heterogeneity in direct and maternal weight traits by sex and percent purebred for Simmental-sired calves. *Journal of Animal Science* 67: 2515-2528.
- Gbangboche A.B, Traoré Ibrahim Alkoiret. 2011.** Reproduction et production de lait des bovins de race Borgou et Ndama au Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 46: 3185-3194.
- Huxley J.S. 1932.** Problems of relative growth. Methuen and Co. Ltd. London. pp. 276.
- Hailé-Mariam et Philipson J. 1996.** Estimates of genetic and environmental trends of growth traits in Boron cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 113 :43-55.
- ISRA.2003.** Rapport national sur l'état des ressources zoogénétiques au Sénégal. Dakar, Sénégal.

- ISRA, ITA, CIRAD, 2005.** Bilan de la recherche agricole et agroalimentaire au Sénégal, 522 pp.
- ITC. 1999.** Biennial Scientific Report 1998–1999. International Trypanotolerance Centre, 10–14.
- Jaitner J., Corr N., Dempfle L. 2003.** Ownership pattern and management practices of cattle herds in the Gambia: implications for a breeding programme. *Tropical Animal Health and Production.* 35(2): 179-87.
- Jahnke H.E., Tacher G., Keil P., Rojat D. 1987.** Livestock production in tropical Africa, with special reference to the tsetse-affected zone. (3-21) In : Livestock production in tsetse affected areas of Africa. Proc. ILCA/ILRAD, Nairobi, 23-27 November 1987.
- Johansson I., Hildeman S.E. 1954.** The relationships between certain body measurements and live and slaughter weight in cattle. *Anim. Breed. Abstr.* 22: 1-17.
- Kahi A.K., Nitter G., Gall C.F. 2004.** Developing breeding schemes for pasture based dairy production systems in Kenya. II. Evaluation of alternative objectives and schemes using a two-tier open nucleus and the young bull system. *Livestock Production Science* 88: 179-192.
- Khangmate A.B., Lahlou-Kassi A., Bakana B.M., Kahungu M. 2000.** Performances de reproduction des bovins N'Dama dans le diocèse d'Idiofa au Congo. *Revue Méd. Vét.* 151 (6) : 511-516.
- Kharbouch M. 1995.** Evolution du programme de croisement bovin Brune de l'atlas\*Pie Rouge Voldotaine dans la région de Sefrou. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle Agronomie, IAV Hassan II.
- Landais E. 1983.** Analyse des systèmes d'élevage bovin sédentaires du Nord de la Côte d'Ivoire. I- Les systèmes d'élevage dans les systèmes agraires villageois traditionnels. II- données zootechniques et conclusions générales. Maisons-Alfort, IMVT.
- Lemka L., McDowell R.E.O., Van Vleck L.D., Solazar J.J. 1973.** Reproductive efficiency and viability in two bos indicus and bos Taurus Taurus breed in the tropics of India and Colombia. *J. Anim. Sci.* 36: 11-17.
- Mackinnon M.J., Meyer K., Hetzel D.J.S. 1991.** Genetic variation and covariation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle. *Livestock Production Science* 27: 105–122.

- Manzi M., Owino Junga J., Ebong C., Mosi R.O. 2012**, Factors affecting pre and post-weaning growth of six cattle breed groups at Songa Research station in Rwanda, *Livestock Research for Rural Development* 24 (4).
- Menissier F., Agarbriel J., D'Hour P., Sapa J., Boissy A., Laloë D. 1998**. Génétique de la reproduction et des qualités maternelles chez les ruminants : allaitement et croissance avant le sevrage chez les bovins allaitants. *Ren. Rech. Ruminants* 5 : 129-136.
- Meuwissen, T. H. and Sonesson, A. K., 1998**. Maximizing the response of selection with a predefined rate of inbreeding: overlapping generations. *Journal of Animal Science* 76: 2575-2583.
- Meyer C. 2012**, Dictionnaire des Sciences Animales. **ed. sc.**, [On line]. Montpellier, France, Cirad. [date de consultation par exemple 02/06/2012]. <URL : <http://dico-sciences-animales.cirad.fr/> >
- Meyer K. 1992**. Variance components due to direct and maternal effects for growth traits of Australian beef cattle. *Livestock Production Science* 31: 179-204.
- Minvielle F. 1990**. Principes d'amélioration génétique des animaux domestiques. INRA et Les Presses de l'Université Laval, Paris, France. 211 p.
- Mohiuddin G. 1993**. Estimates of genetic and phenotypic parameters of some performance traits in beef cattle. *Animal Breeding Abstracts* 61 (8): 495-522
- Molinuevo H.A., Vissac B. 1972**. Variabilité génétique de la croissance avant sevrage dans les races Charolaise et Limousine. *Ann. Génét. Sél. Anim.* 4 (3) : 423-44.
- Mordant J., Lebrun J.P. 1969**. Le potentiel zootechnique de la Haute Volta. Maison Alfort, IEMVT, 327 p.
- Mousslim Z. 1993**. Analyse de performance de croissance et de reproduction des bovins croisés Snata Getrudis\*race locale de l'unité de la SNDE et de Ben Sliman. Mémoire de 3<sup>ème</sup> Cycle Agronomie, IAV Hassan II, Rabat.
- Missohou A., Elhadj Adakal H. 2004**. Situation actuelle et perspectives d'une gestion durable des ressources génétiques bovines d'Afrique de l'Ouest. Acte de colloque Ouagadougou 167-173.
- Murray M., Trail J.C.M., Turner D.A., Wissocq Y. 1983**. Productivité animale et trypanotolérance. Manuel de formation pour les activités de réseau. Addis-Abeba ILRAD/CIPEA/ICIPE. 40 p.

- Olutogun S. 1976.** Reproductive performance and- growth of N'Dama and Keteku cattle under ranching conditions in the Guinea savanna of Nigeria. Ph.D. Thesis, Department of Animal Science, University of Ibadan, Nigeria. 292 pp.
- Ounis O. 1999.** Etude des performances de croissance et de reproduction des bovins de race Oulmes-Zaer dans un système allaitant. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle Agronomie, IAV Hassan II, Rabat.
- Osoro et Whright I.A. (1992).** The affect of body condition, live weight, breed age, calf performance and calving date reproduction performance spring on spring calving beef cows. J. Anim. Sci. 70 (6): 1661-1667.
- Peterson A.G, Venten H.A.W, Harwin G.O, 1980.** The effects of age of dam on weaning mass for five dam breed types in an intensively managed crossbred. S. Afr. J. Anim. Sci. 10: 135-142.
- Pfister. 1991.** Facteurs de développement de l'élevage bovin en Afrique tropicale sèche. Thèse Med Vet, Alfort n° 54, 193 p.
- Planchenault A.D., Traoré M.T., Roy F., Tall S.H. 1986.** Amélioration génétique des bovins N'Dama. II. Croissance des veaux avant sevrage au ranch de Madina-Diassa, Mali. Revue d'élevage et de Médecine vétérinaire des Pays tropicaux, **39** (1) : 51-57.
- Rege J.E.O., Kahi A.K., Okomo-Adhiambo M.O., Mwacharo J., Hanotte O. 2001.** Zebu cattle of Kenya: Uses, Performance, Farmer Preference, Measures of Genetic Diversity and Options for Improved Use. Animal Genetic Resources Research 1. ILRI (International Livestock Research Institute), Nairobi, Kenya.
- Rewe T.O. 2004.,** Development of breeding objectives for production system utilizing Boran breed in Kenya. Ph.D Thesis, Egerton University.
- Sada I., 1968.** The length of the gestation period, calving interval and service period in indigenous West African cattle: N'Dama, West African Shorthorn and Sokoto Gudale. Ghana J. Agric. Sci. 1: 91-97.
- Santoir 1994.** Décadence et résistance du pastoralisme. Les Peuls de la vallée du fleuve Sénégal. Cahiers d'études africaines 34 (1-3) : 231-263.
- Sapa J., Lamiraul T.C., Menissier F. et Renand G. 1998.** Variabilité génétique de l'appétite maternel à l'allaitement en station de contrôle sur descendance en races bovines Blonde d'Aquitaine et Limousine. Ren. Rech. Ruminant 5 : 137-140.

- Seriki E. 2006.** Evaluation des critères de sélection des futurs reproducteurs bovins de race Borgou à la Ferme d'Élevage de l'Okpara. Mémoire de Diplôme d'Ingénieur de Technologie, École Polytechnique d'Abomey-Calavi. 70 p.
- Sokouri D.P., Yapi-Gnaore C.V., N'guetta A.S.P., Loukou N.E., Kouao B.J., Toure G., Kouassi A., Sangare E. 2010.** Performances de reproduction des races bovines locales de Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 36 : 2353-2359.
- Schmitz, J.L. 1985.** Eleveur et son bétail. Élevages bovins villageois dans l'ouest du Zaïre. CODAIK. 159 pp.
- Smith C., 1988.** Genetic improvement of livestock, using nucleus breeding units. *World Animal Review* 65: 2–10.
- Sow S. R., Denis J.P et Trail J.C. 1988.** Facteurs de variation génétique de la Productivité du Zébu-Gobra : Croissance avant et après sevrage. 3<sup>ème</sup> Congrès Mondial de reproduction et de sélection des Ovins et Bovins à viande. INRA. Vol 2 : 376-378.
- Spencer W., Eckert J., Jakus P. 1986.** Estimating live-weight and carcass weight in Gambian N'Dama cattle. MIXED FARMING PROJECT, Technical Report No. 8 March 1986.
- Starkey, P.H. 1984.** N'Dama cattle – a productive trypanotolerant breed. *World Animal Review* 50: 2–15.
- Syrstad O. 1988.** Crossbreeding for increased milk production in the tropics. *Norwegian Journal of Agricultural Science* 2: 179–185.
- Tidori E., Serres H., Richard D., Adjuziogul J. 1975.** Etude d'une population taurine de race Baoulé en Côte d'Ivoire. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 28 (4) : 499-511.
- Timon V.M. 1990.** Genetic Improvement of Small Ruminant Populations in Developing Countries. Misc. Diskette No. 7, File No. 12. FAO, Rome.
- Touré S.M., Seye M., Gueye E., Diaté M. 1981.** Etudes comparatives sur les bovins N'Dama de haute Casamance pour évaluer leur trypanotolérance en fonction de la couleur de leur robe. *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 34 (3) 275-279.
- Touré S.M. 1977.** La trypanotolérance. *Revue de connaissances. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.* 30 (2) : 157-174.
- Trail J.C.M., d'Ieteren G.D.M., Maille J.C., Yangari G. 1991.** Genetic aspects of control of anaemia development in trypanotolerant N'Dama cattle. *Acta Tropica* 48: 285–291.

- Van Arendonk J.A.M., Bijma P. 2003.** Factors affecting commercial application of embryo technologies in dairy cattle in Europe – a modelling approach. *Theriogenology* 59 (2): 635–649.
- Van der Waaij E.H., Hanotte O., van Arendonk J.A.M., Kemp S.J., Kennedy D., Gibson A., Teale A. 2003.** Population parameters for traits defining trypanotolerance in an F<sub>2</sub> cross of N'Dama and Boran cattle. *Livestock Production Science* 84 (3): 219-230.
- Vaucel M.A., Waondy B.B., de Andrade M.A., DA Silva, 1963.** Répartition de la trypanosomiase africaine chez l'homme et les animaux. *Bull. Org. Mond. Santé* 28: 545-594.
- Villanueva B., Bijma P., Woolliams J.A. 2000.** Optimal mass selection policies for schemes with overlapping generation and restricted inbreeding. *Genet. Sel. Evol.* 32: 339-355.
- Wagenaar K.T, Diallo A., Sayers A.R, 1988.** Productivité des bovins peuls transhumants dans le delta intérieur du Niger. CIPEA, Rapport de recherche n° 13, 64 p.
- Weaver L.D., Goodger W.J. 1987,** Design and economic evaluation of dairy reproductive health programs for large dairy herds. Part 1. *Compend. Contin. Educ. Pract. Vet.* 9: F297-F309.
- Wiener G., Rouvier R. 2009.** L'amélioration génétique animale. Edition Quae, Presse Agronomique de Gembloux. 280 p.
- Yesso P., Meyer C., Doffangui K. 1991.** Reprise postpartum et cyclicité des vaches trypanotolérantes en fonction de la variation saisonnière en région du centre de Côte d'Ivoire. In : 3e atelier Reproduction du bétail trypanotolerant en Afrique de l'Ouest et centrale. FAO, Rome, Italie. p. 36-54.
- Youssao A.K.I., Ahissou A., Toure Z. 2000.** Introduction de la race bovine N'Dama à la Ferme Elevage de l'Okpara au Bénin. Quelques performances zootechniques. *Animal Genetic Resources Information* 27: 17-25.
- Yousao A.K.I., Koutinhoun G.B., Kpodekon T.M., Agnandjo H., Toure Z., Ahissou A. 2009.** Influence d'une sélection phénotypique sur les performances de croissance et les caractères de développements musculaire et squelettique de jeunes bovins de race Borgou à la Ferme d'Elevage de l'Okpara (Bénin). *Ann. Méd. Vét.* 153 : 105-111.
- Zhang M.H., Denise S.K., Golden B.L. 1991.** Comparaison of genetic trends of pre and post weaning traits estimate by single and multiple traits animal models. *J. Anim. Sci.* 69 (1): 2362-2370.

# **ANNEXES**

## ANNEXES

### Le questionnaire utilisé dans les enquêtes sur l'étude du schéma à noyau ouvert pour l'amélioration génétique des bovins N'Dama

#### 1. Identification de l'éleveur

- Communauté rurale :
- Village :
- Nom :
- Age :
- Niveau d'étude :
- Fonction :

Eleveur,  Agro éleveur,

Filière d'élevage

- Filière lait

Niveau de participation,

Producteur,  collecteur  transformateur  distributeur

- Filière viande

Eleveur naisseur  emboucheur  chevillard  boucher

#### 2. Structure du troupeau bovin

Race	Cheptel en propriété		Animaux en confiage	
	Males	Femelles	Males	Femelles
Ndama				
Gobra				
Djakoré				
Métis exotiques				
Autres				

### 3. Produits du cheptel

Produits	Race	Quantité ou nombre par an		Prix unitaire
		autoconsommation	vente	
Viande/Animaux sur pied	Ndama			
	Gobra			
	Djakoré			
	Races étra/métis			
Lait	Ndama			
	Gobra			
	Djaokoré			
	Races étra/métis			

### 4. Gestion du troupeau

Alimentation

	Hivernage (Juillet- Octobre)	Saison fraîche ou post récolte (Nov- Fév)	Saison sèche chaude (Mars-Juin)
Parcours naturel de forêt			
Parcours de jachères			
Fourrages à l'étable			

➤ Alimentation complémentaire : Oui  Non

Si oui, quel type d'alimentation complémentaire (concentré)

Nature d'aliment	Durée et période	Quantité (kg)	Catégorie animales bénéficiaire *	Provenance		
				autoproduction	Acheté	
					Quantité (kg)	Prix unitaire
Maïs						
Grains de coton						
Tourteau d'arachide						
Aliment industriel						
Autres						

\*vaches en lactation, géniteurs, animaux malades ou faibles

#### Abreuvement

	Mares	puits	Forage
hivernage			
Saison fraîche			
Saison sèche chaude			

#### Santé animale

maladies					
Races					
N'Dama					
Gobra					
Djakoré					
métis					

Vaccination : Oui  Non

Si oui coût/animal/an :

Déparasitage : Oui  Non

Si oui coût/animal/an :

Traitement curatif : Oui  Non

Si oui coût/animal/an :

Coût de gardiennage ou du berger :

## 5. Amélioration génétique

### 5.1. Système d'identification

➤ Identification par l'animal

➤ Identification par le propriétaire

Marquage au fer rouge  tatouage  boucle numéroté

### 5.2. Enregistrement des performances

Oui  Non

Si oui quel type d'enregistrement :

Registre

Autres types :

Quelles performances :

Production de lait  Poids  Mises bas  autres

### 5.3. Types d'amélioration génétique

- Existe-t-il une organisation d'éleveurs dans la zone?

Si oui,

Type d'organisation :

Activité principale :

- Quel type d'amélioration génétique pratiquez-vous ?

a. Croisement

b. Sélection

c. Les deux

- Si croisement, objectifs visés

Races	Caractères			Pourcentage de sang	
	Viande	Lait	Trypanotolérance et adaptation au milieu	50%	75%
Djakoré (N'Dama*Gobra)					
N'Dama* races étrangères					

➤ Si sélection

Objectifs de sélection

Race	Age premier vêlage/précocité	Inter Vêlage- Vêlage	Croissance (viande)	Lait	Trypanot olérance /adaptati on	Autres
N'Dama						
Gobra						
Djakoré						

Niveau d'amélioration souhaité :

- Quel est l'âge moyen au premier vêlage :
- Quel est l'intervalle vêlage-vêlage moyen :
- Quelle est la production laitière moyenne journalière (litres) :
  - Hivernage :
  - Saison sèche :
- Autres caractères :

Contraintes de sélection :

- Sanitaires
- Organisationnelles
- Méconnaissance des caractères à améliorer
- Difficulté à détecter ou à obtenir les meilleurs reproducteurs

Autres contraintes :

#### 5.4. Schéma de sélection du PROGEBE/CRZ

- Le PROGEBE/CRZ a mis en place un programme d'amélioration génétique comportant un schéma de sélection,
- Avez-vous entendu parler de ce programme, Oui  Non
  - Si oui y participez-vous, Oui  Non

- Si oui, à quel niveau ?
  
- Noyau
  
- Troupeaux multiplicateur,
  
- Troupeaux villageois
  
- Si non, pourquoi ?
  
- Le schéma ne me convient pas
  
- Les objectifs ne me conviennent pas
  
- J'habite loin du noyau de sélection
  
- Autres raisons :

## ملخص

في الجزء الأول من هذا العمل , قام هذا العمل على التحليل الجيني ل 1520 نتيجة نمو لعجول و 1103 نتيجة توالد لبقرات من فصيلة نداما بمركز كولدا للأبحاث في الإنتاج الحيواني بالسينغال و التي جمعت ما بين سنة 1974 و 1993. المعايير الوراثية التي وجدت في هذا الجزء تم استعمالها في الجزء الثاني لتقييم الفعالية الوراثية للشكل الحالي لبرنامج التحسين الوراثي بمركز كولدا للأبحاث في الإنتاج الحيواني من خلال مقارنة الإستراتيجيات المتناوبة للاصطفاء . تم استعمال نموذج محاكاة معلوماتي لإختبار 4 أشكال من خلال سيناريوهين مختلفين. معدلات الأوزان عند الولادة في 3 و 6 و 12 و 24 و 36 شهر للعجول و هي بالتوالي 17,4 كغ و 69,1 كغ و 77,3 كغ و 99,4 كغ و 171 كغ و 220 كغ. بالنسبة لمتوسطات الزيادات اليومية في الوزن هي 331 غ في اليوم ما بين الولادة و 6 أشهر و 457 غ في اليوم ما بين 6 و 12 شهر. سن البقرات عند الولادة الأولى هي بالمتوسط 42,6 شهر و الفترة بين الولادتين هي بالمتوسط 17,6 شهر. كل نتائج النمو تأثرت بالجنس و سنة ولادة العجل و غالبا برتبة الولادة و موسم الولادة و نادرا بسن الأم. القيم الوراثية لصفة الوزن عند الولادات عند 3 و 6 و 12 و 24 و 36 شهر أو متوسطات الزيادات اليومية بين 0-6 أشهر و 6-12 , تم تقديرها بأسلوب BLUP (افضل توقع خطي غير مغرض Best Linear Unbiased Prediction ) و هي بالتوالي 0,07 و 0,05 و 0,12 و 0,00 و 0,01 و 0,01 و 0,09 و 0,07 و 0,01 . الإرتباطات الوراثية و المظهرية ما بين صفات النمو كلها إيجابية و متوسطة إلى مرتفعة . التقدم الوراثي المنجز على نتائج النمو ضعيف نظرا لأن الحيوانات ليست منتقاة على قيمها الوراثية. نوصي بجمع معطيات اكثر على نتائج نمو البقر من سلالة نداما من اجل تدقيق المعايير الوراثية المقدره .

في الجزء الثاني من هذا العمل , تمت دراسة البرنامج الحالي للتحسين الوراثي بنواة مفتوحة . أظهرت نتائج المحاكاة أن السيناريو 2 , الذي يبني على انتقاء الفحول المستقبليين بناء على الوزن عند 6 أشهر للخلف أعطى أجوبة وراثية مرتفعة نسبيا من السيناريو 1 , الذي هو انتقاء الفحول المستقبليين حسب نتائج خاصة بالنسبة للوزن عند 3 شهر. و لكن لدى هذا السيناريو الأخير نسبة قرابة العصب منخفضة نسبيا . الشكل 3 بنواة مكونة من 300 انثى و 6 ثيران يمكن التوصية به لأنه يؤدي إلى تطور افضل للصفات المدروسة.

كلمات مفتاحية : بقر – نداما – نمو – توالد – قيمة وراثية للصفة – ارتباط – تقييم وراثي – تقدم وراثي – شكل – انتقاء - محاكاة - قرابة العصب

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

INSTITUT AGRONOMIQUE ET  
VETERINAIRE HASSAN II



معهد الحسن الثاني للزراعة والبيطرة

أطروحة

قدمت للحصول

على درجة الماجستير في التكنولوجيا الحيوية والتحسين الوراثي للإنتاج الزراعي  
شعبة: الهندسة الوراثية لحيوانات

## التحليل الوراثي لقدرات الانتاج لأبقار سلالة نداما و دراسة برنامج التحسين الوراثي ذات النواة المفتوحة

قدم للعموم ونوقش من طرف:  
كامارا يونس

أمام اللجنة المكونة من:

رئيس  
مقرر  
ممتحن  
ممتحن  
ممتحن

معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة  
معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة  
معهد الحسن الثاني للزراعة و البيطرة  
وزارة الفلاحة و الصيد البحري

البروفسور كسوس فؤاد  
البروفسور بوجنان اسماعيل  
البروفسور حدادة بوشعيب  
السيد بوخاري خالد  
الدكتور دبالو بوباكار

17 يوليوز 2012